MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT

DE FRANCE.

TOME XIV.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT

DE FRANCE.

TOME XIV.



PARIS,

DE L'IMPRIMERIE DE FIRMIN DIDOT FRÈRES,

IMPRIMEURS DE L'INSTITUT, RUE JACOB, N° 56.

1838.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS

DANS LE QUATORZIÈME VOLUME

DE LA NOUVELLE COLLECTION DES MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

FIN DE LA TABLE DU QUATORZIÈME VOLUME.

ÉLOGE HISTORIQUE
DE G. CUVIER;

PAR M. FLOURENS, SECRÉTAIRE PERPÉTUEL.

Lu à la séance publique du 29 décembre 1834.

LORSQU'UNE nation perd un de ces hommes dont le nom seul suffirait à la gloire d'une nation et d'un siècle, le coup qu'elle en ressent est si profond, et sa douleur est si générale, qu'il s'élève de toutes parts des voix pour déplorer le malheur commun. C'est à qui s'honorera d'un regret public sur leur tombe; c'est à qui s'empressera de faire connaître tout ce qu'il a pu savoir de ces vies illustres et si glorieuses à l'humanité.

Voilà ce qui devait arriver, et ce qui est arrivé en effet, pour M. Cuvier. Des savants, des écrivains célèbres, plusieurs Académies même, ont déjà publié de nombreux détails sur sa vie et sur sa personne; et l'Académie des sciences vient aujourd'hui trop tard pour avoir rien de nouveau à dire sur le grand homme qu'elle a perdu.

Mais, parmi les travaux sur lesquels repose sa renommée, il en est qui appartiennent plus particulièrement à cette Académie, et dont l'étude est loin d'avoir été épuisée encore. Je veux parler des progrès que les sciences naturelles ont dus à M. Cuvier, progrès qui ont renouvelé toutes ces sciences, et

qui les ont si fort étendues qu'ils ont réellement étendu par elles la portée de l'esprit humain et le domaine du génie.

Je ne considère donc ici, dans M. Cuvier, que le savant; et même, dans le savant, je considérerai surtout le naturaliste.

Fontenelle a dit de Leibnitz, qu'il avait été obligé de partager et de décomposer en quelque sorte ce grand homme; et que, tout au contraire de l'antiquité qui de plusieurs Hercules n'en avait fait qu'un, il avait fait, du seul Leibnitz, plusieurs savants.

Il faut aussi décomposer M. Cuvier, pour peu qu'on veuille l'approfondir; et cette vaste intelligence qui, comme celle de Leibnitz, *menait de front toutes les sciences*, et qui même, ne s'en tenant pas aux sciences, répandait ses lumières jusque sur les institutions les plus élevées de l'État, demande, pour être bien comprise, autant de travaux distincts qu'elle a fait éclater de capacités diverses.

Je le répète donc; je ne considère ici dans M. Cuvier que le naturaliste, et encore ma tâche sera-t-elle immense; et, pour oser l'aborder, ai-je besoin de toute l'indulgence de ceux qui m'écoutent.

L'histoire de M. Cuvier, à vouloir rappeler tout ce que lui ont dû les sciences naturelles, n'est rien moins en effet que l'histoire même de ces sciences au XIXe siècle.

Le XVIIIe venait de leur imprimer un mouvement rapide. Deux hommes, Linnæus et Buffon, avaient surtout concouru à produire ce mouvement; et, bien que doués d'ailleurs de qualités très-diverses, il est néanmoins à remarquer que c'est par la même cause qu'ils avaient l'un et l'autre manqué leur but.

En effet, ces phénomènes, ces êtres, ces faits que le génie étendu de Linnæus cherchait à distinguer et à classer; ces faits

que le génie élevé de Buffon cherchait à rapprocher et à expliquer, n'étaient point encore assez connus dans leur nature intime pour pouvoir donner ni leur véritable classification, ni leur explication réelle.

Le premier mérite de M. Cuvier, et c'est par ce mérite qu'il a donné, dès l'abord, une nouvelle vie aux sciences naturelles, est d'avoir senti que la classification, comme l'explication des faits, ne pouvaient sortir que de leur nature intime profondément connue.

En un mot, et pour nous en tenir ici à l'histoire naturelle des animaux, branche de l'histoire naturelle générale que M. Cuvier a le plus directement éclairée par ses travaux, il est évident que ce qui avait manqué à Linnæus et à Buffon, soit pour classer ces animaux, soit pour expliquer convenablement leurs phénomènes, c'était de connaître assez leur structure intime ou leur organisation; et il n'est pas moins évident que les lois de toute classification, comme de toute philosophie naturelle de ces êtres, ne pouvaient sortir que des lois de cette organisation même.

On verra bientôt, en effet, que c'est par l'étude assidue de ces lois fécondes que M. Cuvier a successivement renouvelé et la zoologie et l'anatomie comparée; qu'il les a renouvelées l'une par l'autre; et qu'il a fondé sur l'une et sur l'autre la science des animaux fossiles, science toute nouvelle, due tout entière à son génie, et qui a éclairé, à son tour, jusqu'à la science même de la terre.

Mais, avant d'en venir à ces derniers et étonnants résultats, fruits de tant de grandes conceptions et de tant de découvertes inattendues, voyons d'abord ce qu'il a fait en particulier pour chacune des sciences que je viens d'indiquer,

afin de pouvoir mieux saisir ensuite, et embrasser d'un coup d'œil général ce qu'il a fait pour toutes.

Je commence par la zoologie.

Linnæus, celui de tous les naturalistes du XVIIIe siècle dont l'influence avait été la plus universelle sur les esprits, particulièrement en fait de méthode, divisait le règne animal en six classes : les *quadrupèdes*, les *oiseaux*, les *reptiles*, les *poissons*, les *insectes* et les *vers*.

Or, en cela, Linnæus commettait une première erreur générale; car, en mettant sur une même ligne ces six divisions primitives, il supposait qu'un même intervalle les séparait l'une de l'autre; et rien n'était moins exact.

D'un autre côté, presque toutes ces classes ou divisions, nommément la dernière, tantôt séparaient les animaux les plus rapprochés, tantôt réunissaient les plus disparates. En un mot, la classification, qui n'a pourtant d'autre but que de marquer les vrais rapports des êtres, rompait presque partout ces rapports; et cet instrument de la méthode, qui ne sert l'esprit qu'autant qu'il lui donne des idées justes des choses, ne lui en donnait presque partout que des idées fausses.

Toute cette classification de Linnæus était donc à refondre, et le cadre presque entier de la science à refaire.

Or, pour atteindre ce but, il fallait d'abord fonder la classification sur l'organisation, car c'est l'organisation seule qui donne les vrais rapports; en d'autres termes, il fallait fonder la zoologie sur l'anatomie; il fallait ensuite porter sur la méthode elle-même des vues plus justes et surtout plus élevées qu'on ne le faisait alors.

Ce sont, en effet, ces vues élevées sur la méthode, ce sont ces études approfondies sur l'organisation qui brillent dès les

premiers travaux de M. Cuvier : ressorts puissants au moyen desquels il est parvenu à opérer successivement la réforme de toutes les branches de la zoologie l'une après l'autre, et à renouveler enfin, dans tout son ensemble, cette vaste et grande science.

J'ai déjà dit que c'était surtout dans la classe des *vers* de Linnæus que régnaient le désordre et la confusion. Tous les animaux à sang blanc, c'est-à-dire plus de la moitié du règne animal, s'y trouvaient jetés pêle-mêle.

C'est dès le premier de ses Mémoires, publié en 1795, que M. Cuvier fait remarquer l'extrême différence des êtres confondus jusque là sous ce nom vague d'*animaux à sang blanc*, et qu'il les sépare nettement les uns des autres, d'abord, en trois grandes classes :

Les *mollusques*, qui, comme le *poulpe*, la *seiche*, les *huîtres*, ont un cœur, un système vasculaire complet, et respirent par des branchies;

Les *insectes*, qui n'ont, au lieu de cœur, qu'un simple vaisseau dorsal, et respirent par des trachées;

Enfin, les *zoophytes*, animaux dont la structure est si simple qu'elle leur a valu ce nom même de *zoophytes*, d'*animaux-plantes*, et qui n'ont ni cœur, ni vaisseaux, ni organe distinct de respiration.

Et formant ensuite trois autres classes : des *vers*, des *crustacés*, des *échynodermes*, tous les *animaux à sang blanc* se trouvent compris et distribués en six classes : les *mollusques*, les *crustacés*, les *insectes*, les *vers*, les *échynodermes* et les *zoophytes*.

Tout était neuf dans cette distribution; mais aussi tout y

était si évident qu'elle fut généralement adoptée, et dès lors le règne animal prit une nouvelle face.

D'ailleurs, la précision des caractères sur lesquels était appuyée chacune de ces classes; la convenance parfaite des êtres qui se trouvaient rapprochés dans chacune d'elles, tout dut frapper les naturalistes; et ce qui, sans doute, ne leur parut pas moins digne de leur admiration que ces résultats directs et immédiats, c'était la lumière subite qui venait d'atteindre les parties les plus élevées de la science; c'étaient ces grandes idées sur la subordination des organes, et sur le rôle de cette subordination dans leur emploi comme caractères; c'étaient ces grandes lois de l'organisation animale déjà saisies : que tous les animaux à sang blanc qui ont un cœur ont des branchies, ou un organe respiratoire circonscrit; que tous ceux qui n'ont pas de cœur n'ont que des trachées; que partout où le cœur et les branchies existent, le foie existe; que partout où ils manquent, le foie manque.

Assurément, nul homme encore n'avait porté un coup d'œil aussi étendu, aussi perçant sur les lois générales de l'organisation des animaux; et il était aisé de prévoir que, pour peu qu'il continuât à s'en occuper avec la même suite, celui dont les premières vues venaient d'imprimer à la science un si brillant essor, ne tarderait pas à en reculer toutes les limites.

M. Cuvier a souvent rappelé depuis, et jusque dans ses derniers ouvrages, ce premier Mémoire, duquel datent en effet les premiers germes et de la grande rénovation qu'il a opérée en zoologie, et de la plupart de ses idées les plus fondamentales en anatomie comparée.

Jamais le domaine d'une science ne s'était, d'ailleurs, aussi

rapidement accru. A l'exception d'Aristote, dont le génie philosophique n'avait négligé aucune partie du règne animal, on n'avait guère étudié, à aucune époque, que les seuls animaux vertébrés, du moins d'une manière générale et approfondie.

Les *animaux à sang blanc*, ou, comme M. de Lamarck les a appelés depuis, les animaux *sans vertèbres*, formaient, en quelque sorte, un règne animal nouveau, à peu près inconnu aux naturalistes, et dont M. Cuvier venait tout à coup de leur révéler et les divers plans de structure, et les lois particulières auxquelles chacun de ces plans est assujetti.

Tous ces animaux si nombreux, si variés dans leurs formes, et dont la connaissance a si fort étendu depuis les bases de la physiologie générale et de la philosophie naturelle, comptaient à peine alors pour le physiologiste et le philosophe; et longtemps encore, après tous ces grands travaux de M. Cuvier dont je parle ici, combien n'a-t-on pas vu de systèmes qui, prétendant embrasser sous un point de vue unique le règne animal entier, n'embrassaient réellement que les vertébrés? Tant la nouvelle voie qu'il venait d'ouvrir aux naturalistes était immense, et tant il avait été difficile de l'y suivre à cause de cette immensité même!

Dans ce premier Mémoire, M. Cuvier venait donc d'établir enfin la vraie division des *animaux à sang blanc*. Dans un second, reprenant une de leurs classes en particulier, celle des *mollusques*, il jette les premiers fondements de son grand travail sur ces animaux; travail qui l'a occupé pendant tant d'années, et qui a produit l'ensemble de résultats le plus étonnant peut-être, et du moins le plus essentiellement neuf de toute la zoologie, comme de toute l'anatomie comparée modernes.

On n'avait point eu jusque là d'exemple d'une anatomie aussi exacte, et portant sur un aussi grand nombre de parties fines et délicates.

Daubenton, ce modèle de précision et d'exactitude, n'avait guère décrit, avec ce détail, que le squelette et les viscères des quadrupèdes : ici c'était la même attention, et une sagacité d'observation bien plus grande encore, portées sur toutes les parties de l'animal, sur ses muscles, sur ses vaisseaux, sur ses nerfs, sur ses organes des sens.

Swammerdam, Pallas, qui avaient embrassé toutes les parties de l'animal dans leurs anatomies, avaient borné ces anatomies à quelques espèces; en un autre genre, Lyonnet s'était même borné à une seule : ici c'était une classe entière d'animaux, et de tous les animaux la classe la moins connue, dont presque toutes les espèces se montraient décrites, et tout le détail, le détail le plus délicat, le plus secret de leur structure, mis au jour et développé.

Les *mollusques* ont tous un cœur, ainsi que je l'ai déjà dit: mais les uns n'en ont qu'un seul, comme l'*huître*, comme le *limaçon;* les autres en ont deux; les autres en ont jusqu'à trois distincts, comme le *poulpe*, comme la *seiche*. Et cependant, c'est avec ces animaux dont l'organisation est si riche, qui ont un cerveau, des nerfs, des organes des sens, des organes sécrétoires, que l'on en confondait d'autres qui, comme les *zoophytes*, comme les *polypes*, par exemple, n'ont, pour toute organisation, qu'une pulpe presque homogène.

Les expériences de Trembley ont rendu célèbre le *polype d'eau douce*, cet animal qui pousse des bourgeons, comme une plante, et dont chaque partie, séparée des autres, forme un individu nouveau et complet. Toute la structure de ce singu-

lier *zoophyte* se réduit à un sac, c'est-à-dire à une bouche et à un estomac.

M. Cuvier a fait connaître un autre *zoophyte* dont la structure offre quelque chose de plus surprenant encore, car il n'a pas même de bouche; il se nourrit par des suçoirs ramifiés, comme les plantes; et sa cavité intérieure lui sert, tour à tour, d'estomac et d'une sorte de cœur, car il s'y rend des vaisseaux qui y conduisent le suc nourricier, et il en part d'autres vaisseaux qui portent ce suc aux parties.

Un des problèmes les plus curieux de toute la physiologie des *animaux à sang blanc*, qui ait été résolu pas M. Cuvier, est celui de la nutrition des *insectes*.

Les *insectes*, comme je l'ai déjà dit, n'ont, au lieu de cœur, qu'un simple *vaisseau dorsal;* et, de plus, ce *vaisseau dorsal* n'a aucune branche, aucune ramification, aucun vaisseau particulier qui s'y rende ou qui en parte.

C'est ce que l'on savait déjà par les travaux célèbres de Malpighi, de Swammerdam, de Lyonnet : mais M. Cuvier va beaucoup plus loin; il examine toutes les parties du corps des *insectes,* l'une après l'autre; et, par cet examen détaillé, il montre qu'aucun vaisseau sanguin, ou, ce qui revient au même, qu'aucune circulation n'existe dans ces animaux.

Comment s'opère donc leur nutrition?

M. Cuvier commence par faire remarquer que le but final de la circulation est de porter le sang à l'air. Aussi tous les animaux qui ont un cœur, ont-ils un organe respiratoire circonscrit, soit *poumon,* soit *branchies;* et le sang, revenu des parties au cœur, est-il invariablement contraint de traverser cet organe, pour y être soumis à l'action de l'air, avant de retourner aux parties.

Mais, dans les *insectes*, l'appareil de la respiration est tout différent. Ce n'est plus un organe circonscrit qui reçoit l'air; c'est un nombre presque infini de vaisseaux élastiques, nommés *trachées*, qui le portent dans toutes les parties du corps, et qui le conduisent ainsi jusque sur le fluide nourricier lui-même qui baigne continuellement ces parties.

En un mot, tandis que, dans les autres animaux, c'est le fluide nourricier qui, au moyen de la circulation, va chercher l'air, le phénomène se renverse dans les *insectes*, et c'est, au contraire, l'air qui y va chercher le fluide nourricier, et rend par là toute circulation inutile.

Une autre découverte de M. Cuvier, non moins importante, est celle de l'appareil circulatoire de certains *vers* qui, tels que le *ver de terre*, la *sangsue*, avaient été jusque là confondus avec ces *zoophytes* d'une structure incomparablement plus simple, qui ne vivent que dans l'intérieur d'autres animaux.

Par une singularité remarquable, le sang de ces *vers*, à appareil circulatoire, est rouge : nouvelle circonstance qui montre encore combien était inexacte et vague la dénomination d'*animaux à sang blanc*, donnée jusqu'alors, d'une manière générale, aux *animaux sans vertèbres*.

Par tous ces grands travaux, M. Cuvier avait donc fixé les limites de la classe des *mollusques;* il avait déterminé celle des *vers à sang rouge;* il les avait complétement séparées l'une et l'autre de celle des *zoophytes;* il avait enfin marqué la vraie place de ces *zoophytes* eux-mêmes, désormais relégués à la fin du règne animal.

Mais, un principe qu'il avait employé dans tous ces travaux devait le conduire plus loin encore. Ce principe est celui de la *subordination des organes* ou des *caractères*.

La méthode ne doit pas se borner, en effet, à représenter indistinctement les rapports de structure; elle doit marquer, en outre, l'ordre particulier de ces rapports, et l'importance relative de chacun d'eux; et c'est à quoi sert précisément le principe de la *subordination des organes*.

Bernard et Laurent de Jussieu avaient déjà appliqué ce principe, aussi fécond que sûr, à la botanique; mais les zoologistes n'avaient point encore osé en faire l'application à leur science, effrayés sans doute par ce grand nombre et par cette complication d'organes qui constituent le corps animal, et qui, pour la plupart, manquent aux végétaux.

Le principe de la subordination des organes ne pouvait s'introduire en zoologie que précédé par l'anatomie. Le premier pas à faire était de connaître les organes; la détermination de leur importance relative ne pouvait être que le second : ces deux pas faits, il ne restait plus qu'à fonder les caractères sur les organes, et à subordonner ces caractères les uns aux autres, comme les organes sont subordonnés entre eux; et tel a été proprement l'objet du *Règne animal distribué d'après son organisation;* ce grand ouvrage où la nouvelle doctrine zoologique de l'illustre auteur se montre enfin reproduite dans son ensemble, et coordonnée dans toutes ses parties.

C'est à compter de cet ouvrage que l'art des méthodes a pris une face toute nouvelle.

Linnæus n'avait guère vu dans cet art, comme chacun sait, qu'un moyen de distinguer les espèces. M. Cuvier est le premier qui ait entrepris de faire, de la méthode, l'instrument même de la généralisation des faits.

Prise en elle-même, la méthode n'est, pour lui, que la su-

bordination des propositions, des vérités, des faits, les uns aux autres, d'après leur ordre de généralité.

Appliquée au règne animal, c'est la subordination des groupes entre eux, d'après l'importance relative des organes qui forment les caractères distinctifs de ces groupes.

Or, les organes les plus importants sont aussi ceux qui entraînent les ressemblances les plus générales.

D'où il suit qu'en fondant les groupes inférieurs sur les *organes subordonnés*, et les groupes supérieurs sur les *organes dominateurs*, les groupes supérieurs comprendront toujours nécessairement les inférieurs, ou, en d'autres termes, que l'on pourra toujours passer des uns aux autres par des propositions graduées, et de plus en plus générales à mesure qu'on remontera des groupes inférieurs vers les supérieurs.

La méthode, bien vue, n'est donc que l'expression généralisée de la science ; c'est la science elle-même, mais réduite à ses expressions les plus simples ; c'est plus encore : cet enchaînement des faits d'après leurs analogies, cet enchaînement des analogies d'après leur degré d'étendue, ne se borne pas à représenter les rapports connus ; il met au jour une foule de rapports nouveaux, contenus les uns dans les autres ; il les dégage les uns des autres ; il donne ainsi de nouvelles forces à l'esprit pour apercevoir et pour découvrir ; il lui crée de nouveaux procédés logiques.

Jusqu'ici M. Cuvier n'avait vu, dans chacune de ces trois grandes classes des *animaux sans vertèbres :* les *mollusques,* les *insectes* et les *zoophytes,* qu'un groupe pareil à chacune des quatre classes des *animaux vertébrés :* les *quadrupèdes*, les *oiseaux*, les *reptiles* et les *poissons.*

C'est qu'il n'avait considéré encore que les organes de la circulation.

En considérant le système nerveux, qui est un organe beaucoup plus important, il vit que chacune des trois grandes classes des *animaux sans vertèbres* répondait ou équivalait non plus à telle ou telle classe des *animaux vertébrés*, prise à part, mais à tous ces *animaux vertébrés*, pris ensemble.

Une première forme du système nerveux réunit tous les *animaux vertébrés* en un seul groupe; une seconde forme réunit tous les *mollusques;* une troisième réunit les *insectes* aux *vers à sang rouge,* et les uns et les autres aux *crustacés:* c'est le groupe des *articulés;* une quatrième forme enfin réunit tous les *zoophytes.*

Il y a donc quatre plans, quatre types, dans le règne animal, quatre *embranchements,* comme M. Cuvier les appelle; ou, en termes plus clairs, et dépouillés de tout vague, il y a quatre formes générales du système nerveux, dans les animaux.

Dans les sciences d'observation et d'expérience, l'art suprême du génie est de transformer les questions, de simples questions de raisonnement, en questions de fait.

On disputait, depuis plus d'un siècle, sur la question de savoir s'il n'y a qu'un seul plan d'organisation dans les animaux, ou s'il y en a plusieurs. Cette question, jusque là posée en termes si vagues, M. Cuvier la transforme en cette autre positive et de fait, savoir, combien il y a de formes distinctes du système nerveux dans les animaux.

Or, il y en a quatre, comme je viens de le dire: une pour les *vertébrés,* une pour les *mollusques,* une pour les *articulés,*

une pour les *zoophytes;* il y a donc quatre plans, quatre types, quatre formes, dans le règne animal.

Telle est la lumière que le grand ouvrage qui nous occupe a répandue sur le règne animal entier, que, guidé par lui, l'esprit saisit nettement les divers ordres de rapports qui lient les animaux entre eux : les rapports d'ensemble qui constituent l'unité, le caractère du *règne;* les rapports plus ou moins généraux qui constituent l'unité des *embranchements,* des *classes;* les rapports plus particuliers qui constituent l'unité des *ordres,* des *genres.*

Cependant cet ouvrage, d'une portée si vaste, d'un détail si immense, n'était point encore ce qu'aurait voulu M. Cuvier. C'est le propre du génie de voir toujours mieux et plus loin que tout ce qu'il fait.

Et d'ailleurs, en effet, bien que, dans ce grand ouvrage, toutes les espèces eussent été revues, la plupart n'étaient pourtant qu'indiquées; ce n'était donc qu'un *système abrégé,* ce n'était pas un *système complet* des animaux.

Or, l'idée d'un système complet des animaux, d'un système où toutes les espèces seraient non seulement indiquées, distinguées, classées, mais représentées et décrites dans toute leur structure, est une de celles qui ont le plus constamment occupé M. Cuvier.

Aussi, à peine ce grand ouvrage sur le règne animal était-il terminé, qu'un autre était commencé déjà, et sur un plan non moins vaste : je veux parler de l'*Histoire naturelle des poissons,* dont le premier volume a paru en 1828.

Après avoir opéré, dans le premier de ces deux ouvrages, la réforme complète du système des animaux, ce qu'il avait

voulu, dans le second, c'était de montrer, par l'exposition détaillée et approfondie de toutes les espèces connues d'une classe, ce qu'on pourrait faire pour toutes les autres espèces, et pour toutes les autres classes.

Dans cette vue, il avait choisi la classe des *poissons*, comme étant, parmi toutes celles des *vertébrés*, la plus nombreuse, la moins connue, la plus enrichie par les découvertes récentes des voyageurs.

En effet, Bloch et Lacépède, les derniers auteurs principaux en *ichthyologie*, n'avaient guère connu que quatorze cents espèces de poissons; dans l'ouvrage de M. Cuvier, le nombre de ces espèces se serait élevé à plus de cinq mille : l'ouvrage entier n'aurait pas eu moins de vingt volumes; tous les matériaux étaient mis en ordre, et les neuf volumes qui ont paru en moins de six années, témoignent assez de la prodigieuse rapidité avec laquelle toute cette vaste entreprise devait marcher.

Pressé par le peu de temps dont je puis disposer, je m'interdis la lecture de tout détail sur cet ouvrage, étonnant par son étendue, plus étonnant encore par cet art profond de la formation des genres et des familles, dont l'auteur semble s'être complu à dévoiler les secrets les plus cachés, et par cette science des caractères que nul homme ne posséda jamais à un tel degré : résultats de l'expérience la plus consommée, et fruits du génie parvenu à toute sa maturité.

Tel est l'ensemble des grands travaux par lesquels M. Cuvier a renouvelé la zoologie; mais une réforme plus importante encore, et dont celle-ci n'est effectivement que la conséquence, c'est celle qu'il avait déjà opérée, ou qu'il opérait en même temps, dans *l'anatomie comparée*.

On ne peut parler des progrès que *l'anatomie comparée* a dus à M. Cuvier, sans un respect plus profond encore, et mêlé d'une sorte de recueillement; il ne parlait jamais lui-même de cette science qu'avec enthousiasme ; il la regardait, et avec juste raison, comme la science régulatrice de toutes celles qui se rapportent aux êtres organisés; et la mort l'a surpris méditant ce grand ouvrage qu'il lui consacrait, et où, rassemblant toutes ses forces, ce génie si vaste eût enfin paru dans toute sa grandeur.

Mais si cet ouvrage est à jamais perdu, du moins ses éléments principaux subsistent répandus dans tant de mémoires dont j'ai déjà parlé ; surtout dans les *Leçons d'anatomie comparée*; surtout dans les *Recherches sur les ossements fossiles :* travaux immortels, et qui ont imprimé à *l'anatomie comparée* un tel essor, qu'après avoir été, pendant si longtemps, la plus négligée des branches de *l'histoire naturelle*, elle les a tout à coup dépassées et dominées toutes.

L'histoire de *l'anatomie comparée* compte trois époques nettement marquées : l'époque d'Aristote, celle de Claude Perrault, et celle de M. Cuvier.

Chacun sait avec quel génie Aristote a jeté les premiers fondements de *l'anatomie comparée*, chez les anciens. Mais ce qui n'a pas été aussi remarqué, quoique non moins digne de l'être, c'est la puissance de tête avec laquelle Claude Perrault a recommencé toute cette science, dès le milieu du XVIIe siècle, et l'a recommencée par sa base même, c'est-à-dire par les faits particuliers.

Les descriptions de Perrault sont le premier pas assuré qu'ait fait *l'anatomie comparée* moderne. Daubenton lui en fit faire un autre ; car il rendit ces descriptions comparables.

Vicq-d'Azyr alla plus loin encore.

Riche des travaux de Daubenton, de Haller, de Hunter, de Monro, de Camper, de Pallas, Vicq-d'Azyr embrassa *l'anatomie comparée* dans son ensemble; il y porta ce génie profond qui voit dans les sciences le but à atteindre, et cet esprit de suite par lequel on l'atteint; et la grande réforme opérée en effet par M. Cuvier dans *l'anatomie comparée*, nul ne l'a plus avancée que Vicq-d'Azyr.

Ç'a été même un bonheur pour cette science que de passer immédiatement des mains de l'un de ces deux grands hommes dans les mains de l'autre.

Vicq-d'Azyr y avait porté le coup d'œil du physiologiste; M. Cuvier y porta, plus particulièrement, celui du zoologiste; et l'on peut croire qu'elle avait un égal besoin d'être considérée sous ces deux points de vue. On peut croire que sa réforme n'a été si complète, et son influence si générale, que parce que, tour à tour étudiée et remaniée pour se prêter et à la zoologie et à la physiologie, elle a pu devenir, tout à la fois, le guide et le flambeau de ces deux sciences.

Quoi qu'il en soit, *l'anatomie comparée* n'était encore qu'un recueil de faits particuliers touchant la structure des animaux. M. Cuvier en a fait la science des lois générales de l'organisation animale.

Ce même homme qui avait transformé la méthode zoologique, de simple nomenclature, en un instrument de généralisation, a su disposer les faits en *anatomie comparée* dans un ordre tel que, de leur simple rapprochement, sont sorties toutes ces lois admirables, et de plus en plus élevées : par exemple, que chaque espèce d'organe a ses modifications fixes et déterminées; qu'un rapport constant lie entre elles toutes

les modifications de l'organisme ; que certains organes ont, sur l'ensemble de l'économie, une influence plus marquée et plus décisive : d'où la loi de leur *subordination;* que certains traits d'organisation s'appellent nécessairement les uns les autres, et qu'il en est, au contraire, d'incompatibles et qui s'excluent : d'où la loi de leur *corrélation* ou *coexistence;* et tant d'autres *lois*, tant d'autres *rapports généraux*, qui ont enfin créé et développé la partie philosophique de cette science.

Parmi tant de découvertes, parmi tant de faits particuliers dont il l'a enrichie, je dois me borner à citer ici les plus saillants ; et encore ne puis-je, à beaucoup près, les citer tous.

Les travaux de Hunter et de Tenon avaient déjà fait faire de grands pas à la théorie du développement des dents ; il a porté cette théorie, à peu de chose près, à sa perfection.

Ces parties, ces espèces de petits os qu'on appelle *dents*, paraissent, au premier aspect, des parties fort simples, et qui méritent à peine l'attention de l'observateur. Ces parties sont pourtant fort compliquées ; elles ont des organes sécréteurs, comme leur *germe*, leur *membrane propre;* des substances sécrétées, comme leur *émail*, leur *ivoire;* et chacune de ces substances paraît à son tour ; chacune paraît à une époque fixe.

Ces petits corps naissent, se développent, poussent leurs racines, meurent, tombent, sont remplacés par d'autres, avec un ordre, une régularité admirables.

Et ce qui n'est pas moins admirable, bien que sous un autre point de vue, c'est que toutes les circonstances de leur organisation et de leur développement sont aujourd'hui rigoureusement démontrées.

En s'appuyant sur l'étude des dents de l'*éléphant*, où tout

se voit en grand, M. Cuvier est parvenu à constater l'époque précise où chaque partie de la dent se forme et par quel mécanisme elle se forme; comment chacune de ces parties, ayant fait son rôle d'organe producteur, disparaît; comment la dent tout entière disparaît à son tour, pour faire place à une autre qui aura aussi et son développement d'ensemble et de détail, et son point d'organisation complète, et son dépérissement et sa chute.

Perrault, Hérissant, Vicq-d'Azyr avaient déjà fait connaître quelques points de la structure des organes de la voix des oiseaux; il a fait connaître cette structure d'une manière générale et par des comparaisons détaillées.

Il a, le premier, mis dans tout son jour la disposition singulière de l'organe de l'ouïe, et la disposition plus singulière encore des fosses nasales, dans les *cétacés*.

Tout le monde connaît la merveilleuse métamorphose qu'éprouve la *grenouille* pour passer de l'état de fœtus ou de *têtard* à l'état adulte. On sait qu'après avoir respiré, dans le premier de ces deux états, par des *branchies*, comme les *poissons*, elle respire, dans le second, par des *poumons*, comme les animaux terrestres.

M. Cuvier a fait connaître la structure des organes de la respiration et de la circulation d'un genre de reptiles qui offrent quelque chose de plus curieux encore.

La *grenouille* est, tour à tour, *poisson* dans son premier âge, et *reptile* dans le second. Ces nouveaux reptiles, plus singuliers encore, tels que le *protée*, l'*axololt*, la *sirène*, sont toute leur vie *reptiles* et *poissons;* ils ont tout à la fois des *branchies* et des *poumons*, et peuvent, pendant toute leur vie, respirer alternativement dans l'air et dans l'eau.

M. Cuvier est encore le premier qui ait donné une compa-

raison suivie des cerveaux dans les quatre classes des *animaux vertébrés;* le premier qui ait fait remarquer les rapports du développement de cet organe avec le développement de l'intelligence, branche de l'*anatomie comparée*, devenue depuis si féconde et si étendue; le premier, enfin, qui ait déduit, d'une manière rigoureuse, de la quantité respective de la respiration de ces animaux, non-seulement le degré de leur chaleur naturelle, mais celui de toutes leurs autres facultés, de leur force de mouvement, de leur finesse de sens, de leur rapidité de digestion.

Mais l'application la plus neuve et la plus brillante qu'il ait faite de l'*anatomie comparée,* est celle qui se rapporte aux *ossements fossiles.*

Tout le monde sait aujourd'hui que le globe que nous habitons présente, presque partout, des traces irrécusables des plus grandes révolutions.

Les productions de la création actuelle, de la nature vivante, recouvrent partout les débris d'une création antérieure, d'une nature détruite.

D'une part, des amas immenses de coquilles, et d'autres corps marins, se trouvent à de grandes distances de toute mer, à des hauteurs où nulle mer ne saurait atteindre aujourd'hui; et de là sont venus les premiers faits à l'appui de toutes ces traditions de déluges, conservées chez tant de peuples.

D'autre part, les grands ossements découverts à divers intervalles, dans les entrailles de la terre, dans les cavernes des montagnes, ont fait naître ces autres traditions populaires, non moins répandues et non moins anciennes, de races de géants qui auraient peuplé le monde, dans ses premiers âges.

Les traces des révolutions de notre globe ont donc frappé,

de tout temps, l'esprit des hommes; mais elles l'ont frappé longtemps en vain, et d'un étonnement stérile.

Longtemps même l'ignorance a été portée à ce point, qu'une opinion à peu près générale, et je ne parle plus d'une opinion populaire, je parle de l'opinion des savants et des philosophes, regardait et les pierres chargées d'empreintes d'animaux ou de végétaux, et les coquillages trouvés dans la terre, comme des jeux de la nature.

« Il a fallu, dit Fontenelle, qu'un potier de terre qui ne « savait ni latin ni grec, osât, vers la fin du XVIe siècle, dire « dans Paris, et à la face de tous les docteurs, que les coquilles « fossiles étaient de véritables coquilles déposées autrefois « par la mer dans les lieux où elles se trouvaient alors; que « des animaux avaient donné aux pierres figurées toutes « leurs différentes figures, et qu'il défiât hardiment toute l'é- « cole d'Aristote d'attaquer ses preuves. »

Ce potier de terre était Bernard Palissy, immortel pour avoir fait à peine un premier pas dans cette carrière, parcourue depuis par tant de grands hommes, et qui les a conduits à des découvertes si étonnantes.

A la vérité, les idées de Palissy ne pouvaient guère être remarquées à l'époque où elles parurent; et ce n'a été que près de cent ans plus tard, c'est-à-dire vers la fin du XVIIe siècle, qu'elles ont commencé à se réveiller, et, pour rappeler encore une expression de Fontenelle, à faire la fortune qu'elles méritaient.

Mais, dès lors aussi, on s'est occupé avec tant d'activité, et à rassembler les restes des corps organisés enfouis sous l'écorce du globe, et à étudier les couches qui les recèlent; et, sous ces deux rapports, les faits se sont tellement et si rapi-

dement multipliés, que quelques esprits élevés et hardis n'ont pas craint, dès lors même, de chercher à en embrasser la généralité dans leurs théories, et d'essayer de remonter ainsi à leurs causes.

C'est, en effet, à partir de la fin du XVIIe siècle et de la première moitié du XVIIIe qu'ont paru successivement les systèmes fameux de Burnet, de Leibnitz, de Woodward, de Whiston, de Buffon; tous systèmes prématurés, tous systèmes plus ou moins erronés sans doute, mais qui eurent du moins cet avantage d'accoutumer l'esprit humain à porter enfin une vue philosophique sur ces étonnants phénomènes, et à oser se mesurer avec eux.

Un autre avantage, et plus précieux encore, c'est que tous ces systèmes, excitant les esprits, amenèrent bientôt, de toutes parts, des observations plus nombreuses, plus précises, plus complètes, dont le premier effet fut de renverser tout ce que ces systèmes avaient d'imaginaire et d'absurde; et le second, de fonder sur leurs débris mêmes la véritable théorie, l'histoire positive de la terre.

Le XVIIIe siècle qui a marché si vite en tant de choses, n'a rien vu peut-être de plus rapide que les progrès de la science qui nous occupe. Ce même siècle qui, dans sa première moitié, avait vu ou s'élever, ou tomber tous ces systèmes dont je viens de parler, édifices brillants et fragiles, a vu poser, dans la seconde, par les mains des Pallas, des Deluc, des de Saussure, des Werner, des Blumenbach, des Camper, les premiers fondements du monument durable qui devait leur succéder.

Parmi ces progrès, je dois surtout rappeler ici ceux qui se rapportent aux dépouilles fossiles des corps organisés.

Ce sont, en effet, ces restes des corps organisés, témoins

subsistants de tant de révolutions, de tant de bouleversements éprouvés par le globe, qui ont fait naître les premières hypothèses de la géologie fantastique; et ce sont encore ces restes qui ont fini par donner, entre les mains de M. Cuvier, les résultats les plus évidents, les lois les plus assurées de la géologie positive.

Les recherches de M. Cuvier ont eu principalement pour objet les *ossements fossiles des quadrupèdes:* partie du règne animal jusqu'alors peu étudiée sous ce nouveau point de vue, et dont l'étude devait néanmoins conduire à des conséquences bien plus précises, bien plus décisives que celle de toute autre classe.

J'ai déjà parlé de ces grands ossements fossiles découverts à différentes époques, et de ces idées ridicules de géants, qui se renouvelaient à chaque découverte qu'on en faisait.

Daubenton a, le premier, détruit toutes ces idées ; il a, le premier, appliqué l'*anatomie comparée* à la détermination de ces os; mais, comme il l'avoue lui-même, cette science était loin d'être assez avancée encore pour pouvoir donner dans tous les cas, et donner avec certitude, l'espèce ou le genre d'animal auquel un os inconnu, un os isolé, pouvait appartenir; et tel était pourtant le problème à résoudre.

Le mémoire où Daubenton a tenté, pour la première fois, la solution de ce problème important, est de 1762.

En 1769, Pallas publia son premier mémoire sur les *ossements fossiles de Sibérie.* On n'y put voir, sans étonnement, la démonstration de ce fait, que l'éléphant, le rhinocéros, l'hippopotame, tous animaux qui ne vivent actuellement que sous la zone torride, avaient habité autrefois les contrées les plus septentrionales de nos continents.

Le second mémoire de Pallas dut beaucoup plus étonner encore; car il y rapporte ce fait, qui parut effectivement alors à peine croyable, d'un rhinocéros trouvé tout entier dans la terre gelée, avec sa peau et sa chair; fait qui s'est renouvelé depuis, comme chacun sait, dans cet éléphant découvert, en 1806, sur les bords de la mer Glaciale, et si bien conservé que les chiens et les ours ont pu en dévorer et s'en disputer les chairs.

L'éveil une fois donné par Pallas, on trouva bientôt de ces dépouilles d'animaux du midi, non-seulement dans les pays du nord, mais dans tous les pays de l'ancien comme du nouveau monde.

Buffon se hâta d'en déduire son système du refroidissement graduel des régions polaires, et de l'émigration successive des animaux du nord au midi.

Mais, le dernier fait observé par Pallas, et que je viens de citer, renversait déjà ce système. Ce fait démontre effectivement, et de la manière la plus formelle, que le refroidissement du globe, loin d'avoir été graduel, a nécessairement été, au contraire, subit, instantané, sans aucune gradation; il démontre que le même instant qui a fait périr les animaux dont il s'agit, a rendu glacial le pays qu'ils habitaient; car, s'ils n'eussent été gelés aussitôt que tués, il est évident qu'ils n'auraient pu nous parvenir avec leur peau, leur chair, toutes leurs parties, et toutes ces parties parfaitement conservées.

L'hypothèse du refroidissement graduel ne pouvant donc plus être soutenue, Pallas y substitua celle d'une irruption des eaux venues du sud-est; irruption qui, selon lui, aurait transporté dans le nord les animaux de l'Inde.

Mais cette seconde hypothèse n'était pas plus heureuse

que la première; car les animaux fossiles sont très-différents de ceux de l'Inde, et même de tous les animaux aujourd'hui vivants : dernier fait plus extraordinaire encore que tous ceux qui précèdent, et qu'il était réservé à M. Cuvier de mettre dans tout son jour.

Le fait d'une création ancienne d'animaux, entièrement distincte de la création actuelle, et depuis longtemps entièrement perdue, est le fait fondamental sur lequel reposent les preuves les plus évidentes des révolutions du globe. Il ne saurait donc être sans intérêt de voir comment a pu naître, se développer, se confirmer enfin, l'idée de ce fait, le plus extraordinaire assurément qu'il ait été donné aux recherches scientifiques de découvrir et de démontrer.

Nous avons vu comment, vers la fin du XVIe siècle, Bernard Palissy avait osé, le premier parmi les modernes, avancer que les ossements, les empreintes, les coquillages fossiles, regardés pendant si longtemps comme des jeux de la nature, étaient les restes d'êtres réels, les véritables dépouilles de corps organisés.

En 1670, Augustin Scilla renouvela l'opinion de Palissy, et la soutint avec force. Peu après, en 1683, Leibnitz lui donna l'autorité de son nom et de son génie. Enfin, dès la première moitié du XVIIIe siècle, Buffon la reproduisit avec plus d'éclat encore, et la rendit bientôt populaire.

Mais ces êtres organisés, dont les débris innombrables se montrent répandus partout, sont-ils les analogues de ceux qui vivent aujourd'hui, soit sur les lieux mêmes où l'on trouve ces débris, soit dans d'autres lieux? ou bien, leur espèce, leur genre ont-ils péri, et sont-ils entièrement perdus?

C'est là qu'est toute la difficulté, et l'on peut croire que

cette difficulté n'aurait jamais été résolue, du moins avec une certitude complète, tant que l'on s'en serait tenu, par exemple, à l'étude des coquilles fossiles, ou des poissons.

On aurait eu beau trouver, en effet, de nouvelles coquilles, de nouveaux poissons inconnus, on aurait pu toujours supposer que leur espèce vivait encore, soit dans des mers éloignées, soit à des profondeurs inaccessibles.

Il n'en est pas, à beaucoup près, ainsi pour les quadrupèdes. Leur nombre est beaucoup plus borné, surtout pour les grandes espèces; on peut donc espérer de parvenir à les connaître toutes; il est donc infiniment plus facile de s'assurer si des os inconnus appartiennent à l'une de ces espèces encore vivantes, ou s'ils viennent d'espèces perdues.

C'est là ce qui donne à l'étude des quadrupèdes fossiles une importance propre, et aux déductions que l'on peut en tirer une force que ne sauraient avoir les déductions tirées de l'étude de la plupart des autres classes.

Buffon semble l'avoir senti. C'est principalement, en effet, sur les grands ossements fossiles de la Sibérie et du Canada qu'il chercha d'abord à appuyer la conjecture (car, vu l'état de l'*anatomie comparée*, à l'époque où il écrivait, ce ne pouvait être encore qu'une conjecture) de certaines espèces perdues.

Et, d'ailleurs, cette conjecture même était si peu établie dans son esprit, du moins relativement aux quadrupèdes, qu'après avoir regardé, dans sa *Théorie de la terre,* tous les animaux auxquels ces os extraordinaires ont appartenu, comme des animaux perdus, il déclare ensuite, dans ses *Époques de la nature*, qu'il ne reconnaît plus qu'une seule espèce perdue, celle qui a été nommée *Mastodonte,* et que tous les autres os

dont il s'agit ne sont que des os d'éléphants et d'hippopotames.

Camper alla beaucoup plus loin; et cela devait être, car *l'anatomie comparée* n'avait cessé de marcher à grands pas depuis Buffon.

Aussi, dès 1787, dans un mémoire adressé à Pallas, Camper énonce-t-il hautement l'opinion que certaines espèces ont été détruites par les catastrophes du globe; et il fait plus; il l'appuie des premiers faits réellement positifs, quoique fort incomplets encore, qui aient été avancés pour la soutenir.

Ainsi donc, à mesure que la détermination des ossements fossiles a fait des progrès, l'idée d'animaux perdus en a fait aussi; et c'est toujours à la lumière de l'*anatomie comparée* que ces progrès ont été faits.

C'est, en effet, cette lumière de l'*anatomie comparée* qui avait jusque là manqué à tant de recherches laborieuses de tant de naturalistes. Mais, il est aisé de voir que, vers l'époque dont je parle, c'est-à-dire vers la fin du XVIIIe siècle et le commencement du XIXe, tout se préparait pour amener la solution cherchée depuis si longtemps, et qu'en un mot, l'on touchait enfin, sur ces étonnants, sur ces merveilleux phénomènes, au moment de quelque découverte, de quelque résultat complet et définitif.

Le 1er pluviôse an IV, jour de la première séance publique qu'ait tenue l'Institut National, M. Cuvier lut, devant ce corps assemblé, son mémoire sur les *espèces d'éléphants fossiles*, comparées aux *espèces vivantes*.

C'est dans ce mémoire qu'il annonce, pour la première fois, ses vues sur les animaux perdus. Ainsi, dans ce même jour où l'Institut ouvrait la première de ses séances publiques,

s'ouvrait aussi la carrière des plus grandes découvertes que l'histoire naturelle ait faites dans notre siècle : singulière coïncidence, circonstance mémorable, et que l'histoire des sciences doit conserver.

M. Cuvier venait donc de commencer cette brillante suite de recherches et de travaux qui l'ont occupé pendant tant d'années, et par lesquelles il a constamment tenu éveillés, pendant tout ce temps, l'étonnement et l'admiration de ses contemporains.

Dans ce premier mémoire, en effet, il ne se borne pas à démontrer que l'*éléphant fossile* est une espèce distincte des espèces actuelles, une espèce éteinte, une espèce perdue ; il déclare nettement que le plus grand pas qui puisse être fait vers la perfection de la théorie de la terre, serait de prouver qu'aucun de ces animaux dont on trouve les dépouilles répandues sur presque tous les points du globe, n'existe plus aujourd'hui.

Il ajoute que ce qu'il vient d'établir pour l'*éléphant*, il l'établira bientôt, d'une manière non moins incontestable, pour le *rhinocéros*, pour l'*ours*, pour le *cerf, fossiles*, toutes espèces également distinctes des espèces vivantes, toutes espèces également perdues.

Enfin, il termine par cette phrase remarquable, et dans laquelle il semblait annoncer tout ce qu'il a découvert depuis :

« Qu'on se demande, dit-il, pourquoi l'on trouve tant de « dépouilles d'animaux inconnus, tandis qu'on n'en trouve « aucune dont on puisse dire qu'elle appartient aux espèces « que nous connaissons, et l'on verra combien il est probable « qu'elles ont toutes appartenu à des êtres d'un monde an« térieur au nôtre, à des êtres détruits par quelques révolu-

« tions du globe, à des êtres dont ceux qui existent aujour-
« d'hui ont rempli la place. »

L'idée d'une création entière d'animaux, antérieure à la création actuelle ; l'idée d'une création entière détruite et perdue, venait donc enfin d'être conçue dans son ensemble ! Le voile qui recouvrait tant d'étonnants phénomènes allait donc enfin être soulevé, ou plutôt, il l'était déjà ; et le mot de cette grande énigme qui, depuis un siècle, occupait si fortement les esprits, ce mot venait d'être dit.

Mais, pour transformer en un résultat positif et démontré, cette vue si vaste et si élevée, il fallait rassembler de toutes parts les dépouilles des animaux perdus ; il fallait les revoir, les étudier toutes sous ce nouvel aspect ; il fallait les comparer toutes, et l'une après l'autre, aux dépouilles des animaux vivants ; il fallait, avant tout, créer et déterminer l'art même de cette comparaison.

Or, pour bien concevoir toutes les difficultés de cette méthode, de cet art nouveau, il suffit de remarquer que les débris, que les restes des animaux dont il s'agit, que les *ossements fossiles*, en un mot, sont, presque toujours, isolés, épars ; que souvent les os de plusieurs espèces, et des espèces les plus diverses, sont mêlés, confondus ensemble ; que, presque toujours, ces os sont mutilés, brisés, réduits en fragments.

Il fallait donc imaginer une méthode de reconnaître chaque os, et de le distinguer de tout autre avec certitude ; il fallait rapporter chaque os à l'espèce à laquelle il appartient ; il fallait reconstruire enfin le squelette complet de chaque espèce, sans omettre aucune des pièces qui lui étaient propres, sans en intercaler aucune qui lui fût étrangère.

Que l'on se représente ce mélange confus de débris mutilés et incomplets, recueillis par M. Cuvier; que l'on se représente, sous sa main habile, chaque os, chaque portion d'os, allant reprendre sa place, allant se réunir à l'os, à la portion d'os à laquelle elle avait dû tenir; et toutes ces espèces d'animaux, détruites depuis tant de siècles, renaissant ainsi avec leurs formes, leurs caractères, leurs attributs; et l'on ne croira plus assister à une simple opération anatomique; on croira assister à une sorte de résurrection; et, ce qui n'ôtera sans doute rien au prodige, à une résurrection qui s'opère à la voix de la science et du génie.

Je dis *à la voix de la science :* la méthode employée par M. Cuvier pour cette reconstruction merveilleuse, n'est, en effet, que l'application des règles générales de l'*anatomie comparée* à la détermination des *ossements fossiles*.

Et ces règles elles-mêmes ne sont pas une moins grande, une moins admirable découverte, que les résultats surprenants auxquels elles ont conduit.

On a vu plus haut comment un principe rationnel, celui de la *subordination des organes,* partout appliqué, partout reproduit dans l'établissement des groupes de la méthode, avait changé la face de la classification du règne animal.

Le principe qui a présidé à la reconstruction des espèces perdues est celui de la *corrélation des formes;* principe au moyen duquel chaque partie d'un animal peut être donnée par chaque autre, et toutes par une seule.

Dans une machine aussi compliquée, et néanmoins aussi essentiellement une que celle qui constitue le corps animal, il est évident que toutes les parties doivent nécessairement être disposées les unes pour les autres, de manière à se cor-

respondre, à s'ajuster entre elles, à former enfin, par leur ensemble, un être, un système unique.

Une seule de ces parties ne pourra donc changer de forme, sans que toutes les autres en changent nécessairement aussi; de la forme de l'une d'elles on pourra donc conclure la forme de toutes les autres. Supposez, par exemple, un *animal carnivore.* Il aura nécessairement des *organes des sens,* des *organes du mouvement*, des *doigts,* des *dents,* un *estomac,* des *intestins,* disposés pour apercevoir, pour atteindre, pour saisir, pour déchirer, pour digérer une proie; et toutes ces conditions seront rigoureusement enchaînées entre elles; car, une seule manquant, toutes les autres seraient sans effet, sans résultat; l'animal ne pourrait subsister.

Supposez un *animal herbivore*, et tout cet ensemble de conditions aura changé. Les *dents*, les *doigts*, l'*estomac*, les *intestins*, les *organes du mouvement,* les *organes des sens*, toutes ces parties auront pris de nouvelles formes, et ces formes nouvelles seront toujours proportionnées entre elles, et relatives les unes aux autres.

De la forme d'une seule de ces parties, de la forme des *dents* seules, par exemple, on pourra donc conclure, et conclure avec certitude, la forme des *pieds*, celle des *mâchoires*, celle de l'*estomac*, celle des *intestins.*

Toutes les parties, tous les organes se déduisent donc les uns des autres; et telle est la rigueur, telle est l'infaillibilité de cette déduction, qu'on a vu souvent M. Cuvier reconnaître un animal par un seul os, par une seule facette d'os; qu'on l'a vu déterminer des genres, des espèces inconnues, d'après quelques os brisés, et d'après tels ou tels os indifféremment: recon-

struisant ainsi l'animal entier d'après une seule de ses parties, et le faisant renaître, comme à volonté, de chacune d'elles; résultats faits pour étonner, et qu'on ne peut rappeler, sans rappeler, en effet, toute cette première admiration, mêlée de surprise, qu'ils inspirèrent d'abord, et qui ne s'est point encore affaiblie.

Cette méthode précise, rigoureuse, de démêler, de distinguer les os confondus ensemble; de rapporter chaque os à son espèce; de reconstruire enfin l'animal entier d'après quelques-unes de ses parties, cette méthode une fois conçue, ce ne fut plus par espèces isolées, ce fut par groupes, par masses, que reparurent toutes ces populations éteintes, monuments antiques des révolutions du globe.

On put dès lors se faire une idée non seulement de leurs formes extraordinaires, mais de la multitude prodigieuse de leurs espèces. On vit qu'elles embrassaient des êtres de toutes les classes : des quadrupèdes, des oiseaux, des reptiles, des poissons, jusqu'à des crustacés, des mollusques, des zoophytes.

Je ne parle ici que des animaux, et cependant l'étude des *végétaux fossiles* n'offre pas des conséquences moins curieuses que celles que l'on a tirées du règne animal lui-même.

Tous ces êtres organisés, toutes ces premières populations du globe, se distinguent par des caractères propres, et souvent par les caractères les plus étranges, les plus bizarres.

Parmi les quadrupèdes, par exemple, se présentent d'abord le *palæotherium*, *l'anaplotherium*, ces genres singuliers de pachydermes, découverts par M. Cuvier dans les environs de Paris, et dont aucune espèce n'a survécu, dont aucune n'est parvenue jusqu'à nous.

Après eux venaient le *mammouth*, cet éléphant de Sibérie, couvert de longs poils et d'une laine grossière ; le *mastodonte*, cet animal presque aussi grand que le *mammouth*, et que ses dents, hérissées de pointes, ont fait regarder pendant longtemps comme un éléphant carnivore ; et ces énormes paresseux, animaux dont les espèces actuelles ne dépassent pas la taille d'un chien, et dont quelques espèces perdues égalaient, par la leur, les plus grands rhinocéros.

Les *reptiles* de ces premiers âges du monde étaient plus extraordinaires encore, soit par leurs proportions gigantesques, car il y avait des *lézards* grands comme des baleines, soit par la singularité de leurs structures, car les uns avaient l'aspect des *cétacés*, ou *mammifères marins*, et les autres le cou, le bec des oiseaux, et jusqu'à des sortes d'ailes.

Et ce qui est plus surprenant encore que tout cela, c'est que tous ces animaux ne vivaient point à une même époque; c'est qu'il y a eu plusieurs générations, plusieurs populations successivement créées et détruites.

M. Cuvier en compte jusqu'à trois nettement marquées.

La première comprenait des mollusques, des poissons, des reptiles, tous ces reptiles monstrueux dont je viens de parler; il s'y trouvait déjà quelques mammifères marins, mais il ne s'y trouvait aucun, ou presque aucun mammifère terrestre.

La seconde se caractérisait surtout par ces genres singuliers de pachydermes, des environs de Paris, que je rappelais tout à l'heure; et c'est dès lors seulement que les mammifères terrestres commencent à dominer.

La troisième est celle des *mammouths*, des *mastodontes*, des *rhinocéros*, des *hippopotames*, des *paresseux gigantesques*.

Un fait bien remarquable, c'est que, parmi tous ces animaux, il n'y a aucun quadrumane, aucun singe.

Un fait, plus remarquable encore, c'est qu'il n'y a aucun homme. L'espèce humaine n'a donc été la contemporaine, ni de toutes ces races perdues, ni de toutes ces catastrophes épouvantables qui les ont détruites.

Ainsi donc, après l'âge des reptiles, après celui des premiers mammifères terrestres, après celui des *mammouths* et des *mastodontes*, est venue une quatrième époque, une quatrième succession d'êtres créés, celle qui constitue la population actuelle, celle que l'on peut appeler l'âge de l'*homme*, car c'est de cet âge seulement que date l'espèce humaine.

La création du règne animal a donc éprouvé plusieurs interruptions, plusieurs destructions successives; et ce qui n'est pas moins étonnant, quoique tout aussi certain, c'est qu'il y a eu une époque, et la première de toutes, où aucun être organisé, aucun animal, aucun végétal, n'existaient sur le globe.

Tous ces faits extraordinaires sont démontrés par les rapports des restes des êtres organisés avec les couches mêmes qui forment l'écorce du globe.

Ainsi, il y a eu une première époque où ces êtres n'existaient point, car les terrains primitifs ou primordiaux ne contiennent aucun de leurs restes ; ainsi les *reptiles* ont dominé dans l'époque suivante, car leurs restes abondent dans les terrains qui succèdent aux primitifs; ainsi la surface de la terre a été plusieurs fois recouverte par les mers, et

plusieurs fois mise à sec, car les restes d'animaux marins recouvrent tour à tour les restes d'animaux terrestres, et sont tour à tour recouverts par eux.

La science, guidée par le génie, a donc pu remonter jusqu'aux époques les plus reculées de l'histoire de la terre; elle a pu compter et déterminer ces époques; elle a pu marquer et le premier moment où les êtres organisés ont paru sur le globe, et toutes les variations, toutes les modifications, toutes les révolutions qu'ils ont épouvées.

Sans doute, il serait injuste de laisser entendre ici que toutes les preuves de cette grande histoire ont été recueillies par M. Cuvier; mais il n'est pas jusqu'aux découvertes que d'autres ont faites après lui, qui n'ajoutent encore à sa gloire, car c'est en marchant sur ses traces qu'on les a faites.

On peut même dire que plus ces découvertes sont précieuses, que plus toutes celles que l'on fera par la suite seront importantes, plus sa gloire s'en accroîtra, à peu près comme on a vu grandir le nom de Colomb, à mesure que les navigateurs, venus après lui, ont fait mieux connaître toute l'étendue de sa conquête.

Ce monde inconnu, ouvert aux naturalistes, est, sans contredit, la découverte la plus brillante de M. Cuvier.

Je n'hésite pourtant pas à placer à côté d'elle, cette autre découverte, à mes yeux non moins importante, de la vraie méthode en histoire naturelle.

Le besoin des méthodes naît également pour notre esprit, et du besoin qu'il a de *distinguer* pour connaître, et du besoin qu'il a de *généraliser* ce qu'il connaît, pour pouvoir embrasser et se représenter nettement le plus grand nombre possible de faits et d'idées.

Toute méthode a donc un double but, savoir, la *distinction* et la *généralisation* des faits.

Or, jusqu'à M. Cuvier, la méthode s'était bornée à démêler et à distinguer; c'est lui qui en a fait, comme je l'ai déjà dit, un instrument de généralisation : par où il a rendu un service éternel, non-seulement à l'histoire naturelle, mais, j'ose le dire, à toutes les sciences.

Car la méthode, j'entends la vraie, est essentiellement une. Son objet est partout de s'élever jusqu'aux rapports les plus généraux, jusqu'à l'expression la plus simple des choses; et de telle sorte que tous ces rapports naissent les uns des autres, et tous des faits particuliers qui en sont l'origine et la source.

C'est là ce qu'entendait Bacon, quand il disait que toutes nos sciences ne sont que les faits généralisés : mot qui peint admirablement la marche suivie par M. Cuvier.

C'est, en effet, par cette puissante généralisation des faits qu'il a créé la science des ossements fossiles; qu'il a renouvelé, dans leur ensemble, la zoologie et l'anatomie comparée; qu'il n'a jamais abandonné un ordre de faits, sans remonter jusqu'à leur principe, et à leur principe le plus élevé : conduisant la classification zoologique jusqu'à son principe rationnel, la *subordination des organes;* fondant la reconstruction des animaux perdus sur le principe de la *corrélation des formes;* démontrant la nécessité de certains intervalles, de certaines interruptions dans l'échelle des êtres, par l'impossibilité même de certaines coexistences, de certaines combinaisons d'organes.

C'est dans cette habitude de son esprit de remonter, en toute chose, jusqu'à un principe sûr et démontré, qu'il faut

chercher le secret de cette clarté si vive qu'il répand sur toutes les matières qu'il traite. Car la clarté résulte partout de l'ordre des pensées et de la chaîne continue de leurs dépendances.

C'est dans cette habitude encore que se trouve la raison pour laquelle ses opinions, en tout genre, sont si fermes, si arrêtées; c'est qu'il ne se borne jamais à quelques rapports isolés, fortuits; c'est qu'il remonte toujours jusqu'aux rapports nécessaires, et qu'il les embrasse tous.

Deux choses frappent également en lui : et l'extrême précocité de ses vues; car, c'est dès son premier mémoire sur la classe des vers de Linnæus qu'il réforme toute cette classe, et, par elle, la zoologie entière; c'est dès son premier cours d'anatomie comparée qu'il refond toute cette science et la reconstitue sur une nouvelle base; c'est dès son premier mémoire sur les *éléphants fossiles* qu'il jette les fondements d'une science toute nouvelle, celle des animaux perdus : et cet esprit de suite, de persévérance, cette constance à toute épreuve par lesquels il a développé, fécondé ces vues; consacrant une vie entière à les établir, à les démontrer, à les mûrir par l'expérience, à les transformer enfin, de simples vues, fruits d'une conception hardie, d'une inspiration soudaine, en vérités de fait et d'observation.

Si je suis cet homme célèbre dans les routes diverses qu'il s'est tracées, je retrouve partout ces qualités dominantes de son esprit, l'ordre, l'étendue, l'élévation des pensées; la netteté, la précision, la force des expressions.

Je retrouve toutes ces qualités unies à un style plus animé, plus varié, plus vif, dans ces *Éloges historiques* qui ont fait

pendant longtemps une si grande partie du charme et de l'éclat de vos réunions publiques.

On a beaucoup loué dans ces *Éloges*, et l'on ne peut trop y admirer, sans doute, cette verve, ce feu qui y répandent tant de mouvement et de vie; cet art de raconter une anecdote, un trait, d'une manière si piquante; cette vigueur de conception qui lie toutes les parties du discours en un ensemble si fortement construit qu'il semble avoir été créé d'un seul jet; cette singulière aptitude enfin à s'élever aux considérations les plus variées, et à peindre tant de personnages divers, d'une manière également juste et frappante.

Ce qu'une observation un peu plus attentive y fait remarquer, avec peut-être plus de plaisir encore, c'est la même sagacité d'observation, la même finesse de rapprochements, le même art de comparer, de subordonner, de remonter à ce que les faits ont de plus général, porté dans un autre champ; et, par-dessus tout, ces traits lumineux, profonds, qui saisissent tout à coup le lecteur, et le transportent dans un grand ordre d'idées.

M. Cuvier semble avoir été destiné à donner un nouveau caractère à tous les genres qu'il a cultivés. C'est lui qui a porté dans l'enseignement de l'histoire naturelle, ces vues philosophiques et générales qui jusque là n'y avaient point pénétré encore.

Dans ses éloquentes leçons, l'histoire des sciences est devenue l'histoire même de l'esprit humain; car, remontant aux causes de leurs progrès et de leurs erreurs, c'est toujours dans les bonnes ou mauvaises routes, suivies par l'esprit humain, qu'il trouve ces causes.

C'est là qu'il met, pour me servir d'une de ses expressions, pleine de force, c'est là qu'il *met l'esprit humain en expérience ;* démontrant, par le témoignage de l'histoire entière des sciences, que les hypothèses les plus ingénieuses, que les systèmes les plus brillants ne font que passer et disparaître, et que les faits seuls restent; opposant partout aux méthodes de spéculation, qui n'ont jamais produit aucun résultat durable, les méthodes d'observation et d'expérience auxquelles les hommes doivent tout ce qu'ils possèdent aujourd'hui de découvertes et de connaissances.

Eh! dans quelle bouche, ces grands résultats tirés de l'histoire des sciences, cette *théorie expérimentale* de l'esprit humain, si je puis ainsi dire, auraient-ils pu avoir plus d'autorité que dans la sienne? Qui s'est montré plus constamment attaché à l'observation, à l'expérience, à l'étude rigoureuse des faits, et qui néanmoins a jamais enrichi son siècle de vérités plus neuves et plus sublimes ?

Depuis que les hommes observent avec précision, et font des expériences suivies, c'est-à-dire depuis à peu près deux siècles, ils devraient avoir renoncé, ce semble, à la manie de chercher à *deviner,* au lieu *d'observer;* car, d'abord, et comme l'a dit un écrivain philosophe, on devrait se lasser, à la longue, de deviner toujours maladroitement; et ensuite, c'est qu'on devrait avoir fini par reconnaître que ce qu'on *imagine* est toujours bien au-dessous de ce qui *existe,* et qu'en un mot, et à ne considérer même que le côté brillant de nos théories, le merveilleux de l'imagination est toujours bien loin d'approcher du merveilleux de la nature.

Le débit de M. Cuvier était, en général, grave, et même un peu lent, surtout vers le début de ses leçons; mais bientôt

ce débit s'animait par le mouvement des pensées; et alors ce mouvement, qui se communiquait des pensées aux expressions, sa voix pénétrante, l'inspiration de son génie, peinte dans ses yeux et sur son visage, tout cet ensemble opérait sur son auditoire l'impression la plus vive et la plus profonde. On se sentait élevé, moins encore par ces idées grandes, inattendues, qui brillaient partout, que par une certaine force de concevoir et de penser, que cette parole puissante semblait tour à tour éveiller, ou faire pénétrer dans les esprits.

Il a porté dans la carrière du professorat le même caractère d'invention que dans la carrière des recherches et des découvertes. Après avoir créé l'enseignement de l'*anatomie comparée* au Jardin des Plantes, il a fait, au Collége de France, d'une simple chaire d'histoire naturelle, une véritable chaire de la philosophie des sciences : deux créations qui peignent son génie, et qui, aux yeux de la postérité, doivent honorer notre siècle.

M. Cuvier a laissé des mémoires sur sa vie, destinés, comme il l'a écrit lui-même, à celui qui aurait à prononcer son Éloge devant cette Académie.

Ce soin qu'il a pris pour vous, Messieurs, me fait un devoir d'ajouter ici quelques détails empruntés à ces mémoires.

« J'ai tant fait d'Éloges historiques, dit-il en commençant, « qu'il n'y a rien de présomptueux à croire qu'on fera le « mien, et sachant, par expérience, tout ce qu'il en coûte « aux auteurs de ces sortes d'écrits pour être informés des dé- « tails de la vie de ceux dont ils ont à parler, je veux éviter « cette peine à celui qui s'occupera de la mienne.

« Linnæus, Tenon, et d'autres peut-être, n'ont pas cru que « cette attention fût au-dessous d'eux, et ils ont rendu par là

« service à l'histoire des sciences. Ce sont des exemples res« pectables, continue-t-il, et que je puis opposer à ceux qui « me taxeraient sur ce point d'une vanité minutieuse. »

Il ne prévoyait pas que les détails de sa vie étaient destinés à devenir si populaires, que celui qui aurait l'honneur de prononcer son Éloge devant vous, oserait à peine les reproduire.

Georges Cuvier est né le 23 août 1769, à Montbéliard, ville qui appartenait alors au duc de Wurtemberg, mais qui depuis a été réunie à la France.

Sa famille était originaire d'un village du Jura, qui porte encore le nom même de Cuvier. A l'époque de la réforme, elle s'établit dans la petite principauté de Montbéliard, où quelques-uns de ses membres ont occupé des charges distinguées.

Le grand-père de M. Cuvier était d'une branche pauvre; il fut greffier de la ville. De deux fils qu'il eut, le second s'engagea dans un régiment suisse au service de France; et devenu, à force de bonne conduite et de bravoure, officier et chevalier de l'ordre du Mérite, il épousa à cinquante ans une femme encore assez jeune, et dont le souvenir sera cher à la postérité; car elle a été la mère de Cuvier, et, de plus, son premier maître.

Femme d'un esprit supérieur, et mère pleine de tendresse, l'instruction de son fils fit bientôt toute son occupation. Bien qu'elle ne sût pas le latin, elle lui faisait répéter ses leçons; elle le faisait dessiner sous ses yeux; elle lui faisait lire beaucoup de livres d'histoire et de littérature; et c'est ainsi qu'elle développa, qu'elle nourrit dans son jeune élève, cette passion

pour la lecture et cette curiosité de toutes choses, qui, comme M. Cuvier le dit lui-même dans les mémoires qui me sont confiés, ont fait le ressort principal de sa vie.

On remarqua, de bonne heure, dans cet enfant, cette prodigieuse aptitude à tous les travaux de l'esprit, qui a fait plus tard un des traits distinctifs de son génie. Tout réveillait, tout excitait son activité.

Un exemplaire de Buffon, qu'il trouva par hasard dans la bibliothèque d'un de ses parents, allume tout à coup son goût pour l'histoire naturelle. Il s'applique aussitôt à en copier les figures, et à les enluminer d'après les descriptions; travail qui, dans un goût naissant, révélait déjà une sagacité d'observation d'un ordre supérieur.

Le séjour du jeune Cuvier à l'Académie de Stuttgard est trop connu pour que je m'y arrête beaucoup ici.

Le souverain d'un petit État, Charles, duc de Wurtemberg, semblait s'être proposé de montrer dès lors à de plus grandes nations ce qu'elles pourraient faire pour l'instruction de la jeunesse.

Il avait réuni, dans un magnifique établissement, plus de quatre cents élèves qui y recevaient des leçons de plus de quatre-vingts maîtres. On y formait tout à la fois des peintres, des sculpteurs, des musiciens, des diplomates, des jurisconsultes, des médecins, des militaires, des professeurs dans toutes les sciences. Il y avait cinq facultés supérieures : le droit, la médecine, l'administration, l'art militaire et le commerce.

Le cours de philosophie terminé, les élèves de Stuttgard passaient dans une des cinq facultés supérieures. Cuvier choisit l'administration ; et le motif qu'il en donne doit être rapporté :

« C'est, dit-il, que dans cette faculté on s'occupait beaucoup « d'histoire naturelle, et qu'il y aurait par conséquent de fré- « quentes occasions d'herboriser et de visiter les cabinets. »

Tout intéresse dans la vie d'un grand homme; mais on y recherche, avec une sorte d'avidité, tout ce qui peut jeter quelque jour sur la marche de ses travaux. On voudrait le suivre dans tous les progrès par où il a passé pour changer la face des sciences ; on voudrait démêler, jusque dans ses premiers pas, quelque chose de la tournure de son esprit et du caractère de ses pensées.

On vient de voir comment, dès les premières figures d'histoire naturelle qui lui tombent entre les mains, notre naturaliste, encore enfant, conçoit tout à coup l'heureuse idée de les enluminer d'après les descriptions.

Étant à Stuttgard, un de ses professeurs, dont il avait traduit les leçons en français, lui fait présent, à son tour, d'un Linnæus. C'était la dixième édition du *Système de la nature*; et ce livre fait, à lui seul, pendant plus de dix ans, toute sa bibliothèque d'histoire naturelle.

Mais, à défaut de livres, il avait les objets ; et cette étude directe, exclusive, des objets, les lui gravait bien mieux dans la tête que s'il avait eu, je me sers de ses propres expressions, que s'il avait eu à sa disposition beaucoup d'estampes et de descriptions. N'ayant, d'ailleurs, ni ces figures, ni ces descriptions, il les faisait lui-même.

Cependant toutes ces excursions dans l'histoire naturelle n'avaient point nui aux études prescrites; il avait remporté presque tous les prix ; il avait obtenu l'ordre de chevalerie qui ne s'accordait qu'à cinq ou six parmi tous ces jeunes gens; et, selon toutes les apparences, il devait être promptement placé.

Mais, fort heureusement pour lui, et plus heureusement encore pour l'histoire naturelle, car ces deux destinées sont désormais inséparables, la position de ses parents ne lui permettait pas d'attendre.

Il lui fallut donc prendre un parti : une place de précepteur lui ayant été offerte dans une famille de Normandie, précisément dans le mois de sa sortie de Stuttgard, il se hâta de l'accepter; et il partit aussitôt pour Caen, où il arriva, au mois de juillet 1788, âgé d'un peu moins de 19 ans.

Dès ce moment, sa passion pour l'histoire naturelle prit une nouvelle vigueur. La famille d'Hérici, chez laquelle il était, alla bientôt résider dans une campagne du pays de Caux, à une petite lieue de Fécamp. C'est là que notre jeune naturaliste passa les années de 91 à 94, entouré, comme il le dit lui-même, des productions les plus variées que la mer et la terre semblaient lui offrir à l'envi; toujours au milieu des objets, presque sans livres, n'ayant personne à qui communiquer ses réflexions, qui, par là, n'en acquéraient que plus d'énergie et de profondeur.

C'est dès lors, en effet, que son esprit commence à s'ouvrir de nouvelles routes. C'est dès lors qu'à la vue de quelques térébratules, déterrées près de Fécamp, il conçoit l'idée de comparer les espèces fossiles aux espèces vivantes ; c'est dès lors que la dissection de quelques mollusques lui suggère cette autre idée d'une réforme à introduire dans la distribution méthodique des animaux; en sorte que, comme il le dit encore lui-même, les germes de ses deux plus importants travaux, la comparaison des espèces fossiles aux espèces vivantes, et la réforme de la classification du règne animal, remontent à cette époque.

C'est de cette époque que datent aussi ses premières rela-

tions avec M. Tessier, que les orages de la révolution retenaient alors à Fécamp, et qui, depuis quelque temps, y occupait l'emploi de médecin en chef de l'hôpital militaire.

M. Tessier ne put voir le jeune Cuvier sans être frappé de l'étendue de son savoir. Il l'engagea d'abord à faire un cours de botanique aux médecins de son hôpital; il écrivit ensuite à tous ses amis de Paris pour leur faire part de l'heureuse découverte qu'il venait de faire. Il en écrivit surtout à ses amis du Jardin des Plantes, qui eurent aussitôt l'idée d'y appeler et d'y attacher le jeune Cuvier, en qualité de suppléant de Mertrud, chargé de l'enseignemeut de *l'anatomie comparée.*

« Je me suis sans cesse rappelé, dit à cette occasion « M. Cuvier, je me suis sans cesse rappelé une phrase de « M. Tessier dans sa lettre à M. de Jussieu. *Vous vous sou-« venez,* disait-il, *que c'est moi qui ai donné Delambre à l'A-« cadémie: dans un autre genre, ce sera aussi un Delambre.* »

C'est donc à M. Tessier que l'Académie et les sciences ont dû Delambre et Cuvier. Un homme qui, d'ailleurs, n'aurait rendu que ces deux services aux sciences, devrait compter à jamais sur le respect et sur la reconnaissance de tous ceux qui les cultivent. Mais combien de pareils traits touchent plus vivement notre âme, quand ils ornent une vie consacrée tout entière aux sciences, à leurs progrès, à leurs applications, et qui devait se prolonger en une suite si respectable de travaux utiles et de vertus!

Fontenelle a dit que c'était un bonheur pour les savants, que leur réputation devait appeler à la capitale, d'avoir eu le loisir de se faire un bon fonds dans le repos d'une province.

Le fonds de M. Cuvier était si bon que, quelques mois après son arrivée à Paris, en 1795, sa réputation égalait déjà

celle des plus célèbres naturalistes; et qu'en effet, dès cette année même, qui est celle de la création de l'Institut National, il fut immédiatement nommé pour être adjoint à Daubenton et Lacépède, qui formaient déjà le noyau de la section de zoologie.

Dès l'année suivante, il commença ses cours, devenus si rapidement célèbres, à l'école centrale du Panthéon.

En 1799, la mort de Daubenton lui laissa une chaire beaucoup plus importante, celle d'histoire naturelle, au Collége de France. Enfin, en 1802, Mertrud étant mort, M. Cuvier devint professeur titulaire au Jardin des Plantes.

On se souvient que les fonctions de secrétaire de l'Institut étaient d'abord temporaires. M. Cuvier fut appelé un des premiers à les remplir; et bientôt après, en 1803, une nouvelle organisation de ce corps savant ayant rétabli la perpétuité de ces places, il y fut nommé à la presque unanimité des voix.

Ce fut en cette nouvelle qualité de secrétaire perpétuel qu'il composa son mémorable *Rapport sur les progrès des sciences naturelles depuis* 1789. Delambre avait été chargé du rapport sur les sciences mathématiques; et chaque classe de l'Institut dut ainsi en présenter un sur les sciences ou sur les arts dont elle s'occupait.

On sait avec quel appareil l'empereur reçut ces rapports. Il exprima par un mot heureux la satisfaction particulière que lui fit éprouver celui de M. Cuvier. « Il m'a loué comme j'aime « à l'être, » dit-il. « Cependant, ajoute M. Cuvier, je m'étais « borné à l'inviter à imiter Alexandre, et à faire tourner sa « puissance aux progrès de l'histoire naturelle. »

Mais cette sorte de louange est précisément celle qui devait le plus flatter un homme qui avait compris tous les genres de

gloire que peut ambitionner le fondateur d'un empire, et qui eût voulu ne demeurer étranger à aucun. Il est permis de croire, d'ailleurs, que la louange qui n'a d'autre but que de porter un souverain à faire de grandes choses, n'est point indigne d'un philosophe.

A toutes ces occupations d'historien des sciences, de secrétaire perpétuel, de professeur au Muséum et au Collége de France, M. Cuvier en joignait plusieurs autres; il avait été nommé membre du conseil de l'Université en 1808, et maître des requêtes en 1813.

La restauration sut respecter une grande renommée. M. Cuvier conserva sa position; et même il ne tarda pas à se voir revêtu de fonctions nouvelles. Nommé successivement conseiller d'État, président du comité de l'Intérieur, chancelier de l'instruction publique, enfin, en 1831, pair de France, l'étendue de son esprit embrassait tous les ordres d'idées, et se prêtait à tous les genres de travaux.

Il était membre, comme on pense bien, de toutes les académies savantes du monde; car quelle académie eût pu omettre d'inscrire un pareil nom sur sa liste? et, ce qui est un honneur dont il y a eu peu d'exemples avant lui, il appartenait à trois académies de l'Institut, l'académie française, celle des sciences, et celle des inscriptions et belles-lettres.

Sa grande renommée lui amenait, de toutes parts, tout ce qui se faisait d'observations et de découvertes. C'était d'ailleurs son esprit, c'étaient ses leçons, ses ouvrages, qui animaient tous les observateurs, et qui en suscitaient partout; et jamais on n'a pu dire d'aucun homme, avec plus de vérité que de lui, que la nature se voyait partout interroger en son nom.

Aussi, rien n'est-il comparable à la richesse des collections qu'il a créées au Muséum, et qui toutes ont été mises en ordre par lui. Et quand on songe à cette étude directe des objets qui fut l'occupation principale de sa vie, et de laquelle il a fait sortir tant de résultats, on n'est point étonné de ce mot qu'il a répété souvent : « Qu'il ne croyait pas avoir été moins « utile à la science par ces collections seules que par tous ses « autres ouvrages. »

Dans le cours d'une carrière si pleine de succès et de gloire, M. Cuvier avait été frappé des plus rudes coups. Il avait perdu ses deux premiers enfants, ou peu de jours, ou peu d'années après leur naissance; le troisième, qui était un garçon, mourut à l'âge de 7 ans; et toutes ces douleurs devaient se renouveler quelques années plus tard, avec bien plus d'amertume encore, quand il perdit sa fille, jeune personne de l'esprit le plus distingué, et qui, dans la tournure de cet esprit, et jusque dans les traits de son visage, rappelait quelque chose de son père.

Dans tous les malheurs de sa vie, sa consolation ordinaire a été de redoubler de travail. Il trouvait une consolation plus puissante encore dans les soins dont sa famille, et surtout madame Cuvier, se plaisaient à l'entourer.

Quand on songe aux nombreux emplois de M. Cuvier, à tous ses travaux, à tous les ouvrages qu'il a produits, et à l'étendue, à l'importance de ces ouvrages, on est étonné qu'un seul homme y ait pu suffire. Mais, outre tant de facultés supérieures de son esprit, il avait une curiosité passionnée qui le portait, qui le poussait à tout; une mémoire dont l'étendue tenait du prodige; une facilité, plus prodigieuse encore, de

passer d'un travail à un autre, immédiatement, sans effort; faculté singulière, et qui, peut-être, a plus contribué que toute autre à multiplier son temps et ses forces.

D'ailleurs, aucun homme au monde ne s'était jamais fait une étude aussi suivie, et, si je puis ainsi dire, aussi méthodique, de l'art de ne perdre aucun moment.

Chaque heure avait son travail marqué; chaque travail avait un cabinet qui lui était destiné, et dans lequel se trouvait tout ce qui se rapportait à ce travail: livres, dessins, objets. Tout était préparé, prévu, pour qu'aucune cause extérieure ne vînt arrêter, retarder l'esprit dans le cours de ses méditations et de ses recherches.

M. Cuvier avait une politesse grave, et qui ne se répandait point en paroles; mais il avait une bonté intérieure et une bienveillance qui allaient droit aux actions. On aurait dit qu'en ce genre encore il craignait aussi toute perte de temps.

Je ne vous rappellerai point, en finissant, Messieurs, cette mort si funeste et si prompte qui vint le frapper au milieu de tant de travaux et de grandes pensées. Ces souvenirs vous sont trop présents, trop pénibles; et votre douleur, toujours aussi vive, toujours aussi profonde, est l'hommage le plus digne de sa mémoire.

D'ailleurs, dans cette faible esquisse des travaux d'un grand homme, j'ai moins considéré l'homme que le savant. J'ai cherché surtout à retracer cette suite de vérités sublimes que les sciences doivent à son génie. Et ce génie est immortel!

Sa gloire s'accroîtra sans cesse, comme les progrès des sciences qu'il a créées. Le temps qui efface tant d'autres noms, perpétue, au contraire, et entoure sans cesse d'un nouvel

éclat le nom de ces hommes rares qui semblent avoir révélé de nouveaux ressorts dans l'intelligence, et donné de nouvelles forces à la pensée. Et comme leur esprit, devançant leur siècle, avait surtout en vue la postérité, ce n'est aussi que de la postérité, ce n'est que de la suite des siècles, qu'ils peuvent attendre tout ce qui leur est dû de reconnaissance et d'admiration.

NOTES.

Page vj...... *Le foie manque.*

J'entends le foie, organe massif, compacte, glande conglomérée; dans les insectes, en effet, les sécrétions ne se font plus que par des tubes très-longs, très-minces, qui flottent dans l'intérieur du corps, et ne sont fixés que par des trachées.

P. viij. *Swammerdam, Pallas....*

Poli l'avait aussi devancé pour l'anatomie de plusieurs *mollusques*, mais de *multivalves* et de *bivalves* seulement.

P. ix...... *Un autre zoophyte dont la structure offre quelque chose de plus surprenant encore.*

C'est le *rhizostome bleu.*

P. x....... *Rend par là toute circulation inutile.*

Il n'est question ici que des *insectes parfaits;* M. Carus a découvert, depuis le travail de M. Cuvier dont je parle, le mode de circulation propre à certaines larves.

P. x...... *Qui ne vivent que dans l'intérieur d'autres animaux.*

C'est-à-dire les *vers intestinaux*, cette classe de *zoophytes* qui, pour la plupart, ne peuvent vivre et se propager que dans l'intérieur du corps des autres animaux.

P. x. *Ces vers à appareil circulatoire......*

Vers à sang rouge de M. Cuvier; *annélides* de M. de Lamarck.

P. xv........ *Du génie parvenu à toute sa maturité.*

Voici, sur cet ouvrage, quelques développements que j'ai publiés ailleurs

(*Revue encyclopédique*, janvier 1831). Ils se rapportent surtout aux vues particulières qui ont dirigé M. Cuvier, dans la classification des *poissons*.

..... Tout n'est pas également important dans une méthode. Il importe peu, par exemple, que, dans une distribution ichthyologique, les poissons *cartilagineux* précèdent ou suivent les poissons *osseux;* que les poissons à *nageoires épineuses* viennent avant ou après les poissons à *nageoires molles*, etc. Ce qui importe, c'est que, dans une *famille*, dans un *genre* de poissons donnés, on n'intercale aucune espèce qui ne participe à l'organisation commune du *genre* ou de la *famille*, c'est qu'on n'exclue aucune des espèces que cette organisation commune rassemble.

Ainsi, la première condition est de *déterminer les espèces;* la seconde est de les *rapprocher* d'après des caractères gradués selon leur importance; la troisième est de *subordonner* toute méthode ou distribution générale à ces déterminations et à ces rapprochements.

Mais c'est ici la guerre perpétuelle d'Oromase et d'Arimane, de l'esprit du bien et de l'esprit du mal dans les sciences, de l'esprit d'observation et de l'esprit de système. L'esprit de système part d'un caractère, pris à *priori*, et soumet violemment la distribution des espèces à ce caractère. Linnæus ne voit, en botanique, que les étamines, et il rapproche le *chêne* et la *pimprenelle;* Bloch ne voit, en ichthyologie, que le nombre des nageoires, et il met la *raie* près du *brochet*.

L'esprit d'observation suit une marche précisément inverse. Il détermine d'abord les espèces; les espèces connues, il les rapproche en genres, en familles; ces rapprochements opérés, il lie les groupes qui en résultent par une distribution générale; et, cette distribution générale, il la soumet partout à la condition de ne rompre ou de n'altérer aucun de ces groupes. En un mot, l'esprit de système *classe sans connaître;* l'esprit d'observation, au contraire, cherche d'abord à *connaître*, et il ne fait ensuite de toute classification générale que l'expression abrégée de ce qu'il connaît.

On voit par là que le mérite essentiel de toute bonne méthode générale consiste surtout à ne pas rompre le rapprochement naturel des espèces. Au lieu donc de chercher, à l'exemple de tant d'ichthyologistes, à *ajuster*, si je puis ainsi dire, les espèces à la classification, M. Cuvier a, pour la première fois, renversé le problème; il a cherché une classification qui s'ajustât enfin aux espèces.

Une première coupe lui donne d'abord les deux grandes classes des poissons *cartilagineux* et des poissons *osseux*. Une seconde sépare des poissons *osseux ordinaires*, tous les poissons à *structure anomale*, les

syngnathes, les tétrodons, les diodons, etc. Restent les poissons *osseux ordinaires* qu'une troisième coupe partage en poissons à *nageoires molles* ou *malacoptérygiens*, et en poissons à *nageoires épineuses* ou *acanthoptérygiens*.

Des divisions d'un degré moins élevé distinguent ensuite les poissons *cartilagineux* : en *sturoniens*, dont les branchies sont *libres*, et en *plagiostomes* et *cyclostomes*, dont les branchies sont *fixes*; les poissons *anomaux* : en *lophobranches*, dont les branchies sont en forme de *houpe*, et en *plectognathes*, dont l'intermaxillaire est soudé avec le maxillaire et l'arcade palatine avec le crâne; les *malacoptérygiens* : en *subranchiens*, *abdominaux* et *apodes*, selon que le bassin est attaché aux os de l'épaule, ou qu'il est simplement suspendu dans les chairs du ventre, ou que les nageoires ventrales manquent; et, quant aux *acanthoptérygiens*, comme, ainsi qu'il l'a reconnu, tous ces poissons ne composent qu'un ordre naturel, ou, en d'autres termes, comme tous les genres, comme toutes les familles de ce grand ordre se lient les uns aux autres par des rapports plus ou moins marqués, M. Cuvier n'y établit d'autres divisions que celles que forment ces genres et ces familles mêmes.

Ainsi, les poissons *cartilagineux* ou *chondroptérygiens* divisés en deux ordres : les *sturoniens*, d'une part, et les *plagiostomes*, et les *cyclostomes*, de l'autre; les poissons *anomaux*, divisés aussi en deux ordres : les *lophobranches* et les *plectognathes*; les *malacoptérygiens* en trois : les *subranchiens*, les *abdominaux*, les *apodes*; et les *acanthoptérygiens* ne formant qu'un seul grand ordre : voilà les huit ordres, ou groupes principaux, dans lesquels M. Cuvier distribue ensuite par familles, par genres, par sous-genres, c'est-à-dire, par groupes de plus en plus circonscrits, toutes les espèces de poissons connues.

...... Il est impossible de n'être pas frappé de tous ces grands progrès qui séparent les baudroies, les lumps, etc., des poissons cartilagineux, auxquels ils ne ressemblent que par la *mollesse de leur squelette*; qui abolissent l'ordre informe des *branchiostéges* d'Artedi; qui assignent un caractère fixe et positif, pour les *syngnathes*, dans leurs branchies en houpes, pour les *plectognathes*, dans l'immobilité de leur mâchoire supérieure; qui, dans l'embranchement des *malacoptérygiens*, substituent à la *position des ventrales*, position à laquelle s'était arrêté Linnæus, et qui ne tient qu'à la longueur des os du bassin, la position même de ces os du bassin, ou attachés aux os de l'épaule, ou simplement suspendus dans les chairs du ventre; et qui, pour les *acanthoptérygiens*, montrent que tous ces poissons forment une grande famille, dans

la subdivision de laquelle tous les autres caractères doivent être subordonnés à celui qui est tiré des épines de leurs nageoires.

Ainsi, l'ordre des poissons *cartilagineux* réduit aux seuls poissons à *squelette vraiment cartilagineux*, ou, plus exactement, à *périoste grenu*; les baudroies, les lumps, les centrisques, les mormyres, les macrorhinques, rendus à la masse des poissons ordinaires; l'ordre incohérent des *branchiostéges* d'Artedi détruit, et tous les poissons *anomaux* réunis en deux ordres rigoureusement déterminés, les *lophobranches* et les *plectognathes;* la position des os du bassin substituée à celle des nageoires ventrales, pour les *malacoptérygiens;* et, pour les *acanthoptérygiens*, ce grand fait démontré, que tous ces poissons, quelque nombreux qu'ils soient, ne forment qu'un seul *ordre* ou *famille naturelle*, « dont aucune « espèce ne doit être mêlée avec des poissons d'autres familles : » voilà quels sont les progrès principaux que la classification de M. Cuvier marque dans la science.

L'histoire de chaque famille commence par un examen général des espèces qui la constituent, et des genres, ou familles plus circonscrites, en lesquels ces espèces s'y répartissent. Puis vient l'histoire des genres, en commençant par le plus connu, par celui qu'on peut regarder comme le *type de la famille;* et puis l'histoire des espèces, en commençant toujours par l'espèce la plus connue, par celle qu'on peut regarder comme le *type du genre.*

Ainsi, par exemple, dans les *percoïdes*, l'histoire de la famille commence par les *perches* proprement dites, *qui sont le type de la famille;* et, dans les *perches* proprement dites, l'histoire du genre commence par la *perche ordinaire*, *qui est le type du genre;* et, dès ces premiers pas, se montre la vue générale qui domine l'ouvrage entier.

Cette vue consiste à chercher des espèces à formes tranchées : ces espèces sont comme des *types;* à grouper autour de ces types toutes les espèces que l'ensemble de leur organisation en rapproche : ces groupes sont les *genres;* à lier ensuite les groupes entre eux, comme on a lié les espèces entre elles : et ces groupes, ainsi rapprochés, ce sont les *familles....*

P. xvij. *Dans un ordre tel que, de leur simple rapprochement..........*

Voici ce que j'ai publié ailleurs sur cet ordre suivi par M. Cuvier, en anatomie comparée (*Journal des savants*, mars 1834).

Il restait à rapprocher toutes ces *descriptions* (de Perrault et de Daubenton), et à former, de leur ensemble, un corps complet d'*anatomie com-*

parée, mais, pour cela, il fallait d'abord trouver le véritable ordre selon lequel le rapprochement de ces *descriptions* devait être fait.

Il ne devait pas l'être selon les *espèces*, à la manière de Daubenton; mais selon les *organes*, comme l'avait déjà fait voir Aristote, parmi les anciens, et même jusqu'à un certain point, parmi les modernes, Perrault, dans sa *Mécanique des animaux*, et surtout comme, de nos jours, M. Cuvier l'a si complétement montré.

En effet, rapprocher selon les *espèces*, c'est rapprocher une foule de faits de nature diverse, et c'est les rapprocher en masse; rapprocher, au contraire, selon les *organes*, c'est démêler chaque fait distinct, et ne le comparer qu'à des faits de même nature. Or, il est évident qu'une comparaison en masse est toujours confuse; que plus, au contraire, la comparaison se décompose et atteint chaque fait particulier, plus elle est complète; et que ce n'est enfin qu'autant qu'elle rapproche des faits de même nature qu'elle peut conduire à quelque *résultat*, à quelque *loi*, à quelque *proposition générale*, c'est-à-dire commune à tous les faits rapprochés ainsi. D'ailleurs, l'objet à comparer, en *anatomie*, est évidemment l'*organe*. Chaque *organe* a sa fonction propre, son rôle distinct; c'est donc cet *organe propre*, cet *organe distinct* qu'il faut suivre à travers toutes les modifications qu'il éprouve dans les différentes espèces. Le rapprochement devait donc être fait selon les *organes*. C'est ce que Daubenton ne vit point, et c'est pourquoi il n'a tiré que si peu de résultats de ce nombre immense de faits dont il a enrichi la science.

Les travaux de Hunter, de Monro, de Camper, de Haller, de Pallas, travaux qui ont jeté un si grand jour sur tant de questions particulières de l'*anatomie comparée*, n'ont que très-peu avancé la question générale de l'ordre à suivre dans la science.

Vicq-d'Azyr lui-même a plutôt indiqué cet ordre qu'il ne l'a réellement suivi.

Dans son *système anatomique des quadrupèdes*, c'est encore, en effet, selon les *espèces* qu'il range les faits; mais le soin qu'il a partout, dans ses *descriptions*, de marquer, d'un même *numéro*, les mêmes *organes*; mais ce soin d'indiquer, de préciser ainsi des points plus particuliers, plus directs, de comparaison, au milieu de la comparaison générale; mais la marche qu'il propose dans le *plan* qu'il a tracé d'un *Cours d'anatomie et de physiologie*; toutes ces circonstances sont autant de progrès sans doute vers le véritable ordre en *anatomie comparée*, c'est-à-dire vers le rapprochement des faits selon les *organes*.

Ce n'est pourtant que dans les *Leçons d'anatomie comparée* de M. Cuvier que ce véritable ordre a réellement paru. Cet ouvrage est le premier où chaque organe, pris à part, se montre rigoureusement suivi dans toute la série des animaux; et c'est de cet ouvrage, c'est à partir des faits ainsi disposés, pour la première fois, selon leur véritable ordre, qu'on a pu remonter enfin, avec certitude, jusqu'à des résultats généraux et comparatifs, c'est-à-dire jusqu'aux *lois mêmes de l'organisation animale*, but final de toute l'*anatomie comparée*.

P. xviij. *Je dois me borner à citer ici les plus saillants.*

Il y sera suppléé par la liste des ouvrages de M. Cuvier, placée ci-après.

P. xxxiij. *Ces énormes paresseux.....*

Ce sont le *mégathérium*, le *mégalonyx*.

P. xxxiij. *Les reptiles de ces premiers âges.....*

Ce sont les *mégalosaurus*, qui *avaient plus de soixante-dix pieds de longueur;* les *ichthyosaurus*, les *plésiosaurus*, dont les membres rappelaient ceux des *cétacés;* les *ptérodactyles*, dont un doigt de l'extrémité antérieure, très-allongé, portait une membrane, une sorte d'aile.

P. xli. *Georges Cuvier....*

Il se nommait Georges, Léopold, Chrétien, Frédéric, Dagobert.

P. xlvij. *Nommé successivement Conseiller-d'État ......*

Il était aussi *Baron*, et *Grand Officier de la Légion d'honneur*. Il doit être permis de rappeler ici ces titres, car une nation s'honore en les plaçant ainsi.

LISTE DES OUVRAGES DE M. CUVIER.

ZOOLOGIE PARTICULIÈRE.

Insectes.

Observations sur quelques Diptères. Journal d'histoire nat. 2e vol. 1792.

Description de deux nouvelles espèces d'Insectes. Magas. encyclop., t. Ier. 1795.

Note sur une nouvelle espèce de Guêpe cartonnière. Bull. de la Soc. philom. N° 8. 1797.

Mémoire sur la manière dont se fait la Nutrition dans les Insectes. Mémoires de la Soc. d'hist. nat. de Paris, an VII. Journal de Physique, t. XLIX. 1799.

Crustacés.

Mémoire sur les Cloportes. Journal d'histoire naturelle, 2e vol. 1792.

Dissertation critique sur les espèces d'Écrevisses connues des anciens et sur les noms qu'ils leur ont donnés. Ann. du Mus. T. II. 1803.

Annélides *ou* Vers à sang rouge.

Sur les vaisseaux sanguins des Sangsues, et sur la couleur rouge du fluide qui y est contenu. Bull. de la Soc. philom. N° 19. 1799.

Mémoire sur les Vers à sang rouge, dans lequel l'auteur réunit ces vers en une classe distincte. Bull. de la Soc. philom. Juillet 1802.

Mollusques.

Anatomie de la Patelle commune. Journ. d'hist. nat., 2e vol. 1792.

Mémoire sur l'anatomie du grand Limaçon (Helix pomatia). Bull. de la Soc. philom. 1795.

Sur un nouveau genre de Mollusques : Phyllidia. Ibid. N° 51. 1796.

Sur l'animal des Lingules, Brug. Ibid. N° 52. 1796.

Note sur l'anatomie des Ascidies. Nouv. série du Bull. de la Soc. philom. N° 1. Avril 1797.

Nouvelles recherches sur les coquillages bivalves : système nerveux, circulation, respiration, génération. Bull. philom. N° 11. 1798.

Sur la Bulla aperta, L.; Bullea, Lam. Annales du Mus. T. Ier. 1802.

Sur le Clio borealis. Ibid.

Sur le genre Tritonia, avec la description et l'anatomie d'une espèce nouvelle. Ibid.

Mémoire sur le genre Aplysia (vulgairement, *lièvre marin*). Ann. du Mus. T. II. 1803.

Mémoire concernant l'animal de l'Hyale, nouveau genre de mollusques nus, intermédiaire entre l'hyale et le clio, et l'établissement d'un nouvel ordre dans la classe des mollusques. Ann. du Mus. T. IV, 1804.

Mémoire sur les Biphores. Ibid.

Mémoire sur le genre Doris. Ibid.

Mémoire sur l'Onchidie, genre de mollusques nus, voisin des Limaces, et sur une nouvelle espèce (Onchidium Peronii). Ibid. T. V. 1804.

Sur la Phyllidie et sur le Pleuro-branche, deux nouveaux genres de mollusques de l'ordre des Gastéropodes, et voisins des Patelles et des Oscabrions, dont l'un est nu et dont l'autre porte une coquille cachée. Ibid.

Mémoire sur la Dolabelle, la Testacelle, et sur un nouveau genre de mollusques à coquille cachée, nommé Parmacelle. Ibid.

Mémoire sur la Scyllée, l'Éolide et le Glaucus, avec des additions au Mémoire sur la Tritonie. Ann. du Mus. T. VI, 1805.

Mémoire sur la Limace (Limax, L.) et le Colimaçon (Helix, L.). Ann. du Mus. T. VII. 1806.

Sur le Limnée (Helix stagnalis, L.) et le Planorbe (H. cornea, L.). Ibid.

Mémoire sur la Janthine et sur la Phasianelle. Ann. du Mus. T. XI. 1808.

Mémoire sur la Vivipare d'eau douce (Cyclostoma viviparum, Draparn). Ann. du Mus. T. XI. 1808.

Mémoire sur le grand Buccin de nos côtes (Buccinum undatum, L.) et sur son anatomie. Ibid.

Mémoire sur le genre Théthys et son anatomie. Ann. du Mus. T. XII. 1810.

Mémoire sur les Acères, gastéropodes sans tentacules apparents. Ann. du Mus. T. XVI. 1810.

Mémoire sur les Ascidies et sur leur anatomie. Mém. du Mus. T. II. 1815.

Mémoire sur les animaux des Anatifes et des Balanes, et sur leur anatomie. Ibid.

Mémoires pour servir a l'histoire et a l'anatomie des mollusques. Paris. 1817. 1 vol. in-4°.

C'est la réunion des Mémoires precédents, déjà insérés dans les Annales et les Mémoires du Muséum.

Zoophytes.

Mémoire sur l'organisation de la Méduse. Bull. philom. N° 33. 1799. Journ. de phys. T. XLIX. 1799.

Mémoire sur un ver parasite d'un nouveau genre (*Hectocotylus octopodis*). Ann. des Sc. nat. T. XVIII. 1829.

VERTÉBRES.

Poissons.

Note sur un poisson peu connu, pêché récemment dans le golfe de Gênes, le Lophote Cépédien. Ann. du Mus. T. XX. 1813.

Sur un poisson célèbre et cependant presque inconnu des auteurs systématiques, appelé sur nos côtes de l'Océan Aigle *ou* Maigre, *et sur les côtes de la Méditerranée, Umbra, Fégano, et Poisson royal, avec une description de sa vessie natatoire*. Mém. du Mus. T. I. 1805.

Observations et recherches sur différents poissons de la Méditerranée, et, à leur occasion, sur des poissons d'autres mers plus ou moins liés avec eux. Ibid.

Sur le genre Chironecte, Cuv. (*Antennarius Commersonii.*) Mém. du Mus. T. III. 1817.

Sur les Diodons, vulgairement Orbes épineux. Mém. du Mus. T. IV. 1818.

Sur les poissons du sous-genre Mylètes. Ibid.

Sur les poissons du sous-genre Hydrocin; sur deux nouvelles espèces de Serrasalmes et sur l'Argentina glossodonta de Forskahl, qui est l'Albula gonorhynchus de Bloch. Mém. du Mus. T. V. 1819.

Histoire naturelle des poissons, par MM. Cuvier et Valenciennes. T. I-VIII. 1828-1831.

Reptiles.

Sur le Siren Lacertina. Bull. de la Soc. philom. N° 38. Mai 1800.

Sur les véritables différences qui existent entre les Crocodiles de l'ancien et du nouveau continent. Bull. philom. N° 54. 1801.

Recherches anatomiques sur les Reptiles regardés comme douteux par les naturalistes, faites à l'occasion de l'Axolotl rapporté du Mexique par M. de Humboldt. Paris, 1807, grand in-4°.

Sur le genre de Reptiles Batraciens, nommé Amphiuma, et sur une nouvelle espèce de ce genre (Amphiuma tridactylum). Mém. du Mus. T. XIV. 1827.

Oiseaux.

Sur l'Ibis des anciens Égyptiens. Bull. philom. N° 39. Juin 1800. Journ. de physiq. T. LI. Ann. du Mus. T. IV. 1804.

Description d'une nouvelle espèce de Dindon de la baie de Honduras. Mém. du Mus. T. VI. 1820.

Du Canard pie à pieds demi-palmés de la Nouvelle-Hollande. Mém. du Mus. T. XIV. 1827.

Mammifères.

La Ménagerie du muséum national d'histoire naturelle, *ou les animaux vivants peints d'après nature par le cit. Maréchal, etc., avec une note descriptive de chaque animal, par les cit. Cuvier, Lacépède et Geoffroy.* Paris, an IX.

Rapport fait à la classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut sur divers Cétacés pris sur les côtes de France. Mém. du Mus., t. XIX.

Sur l'Orang-Outang. Journ. de physiq. T. LXXXVI. 1818.

ZOOLOGIE GÉNÉRALE.

Mémoire sur une nouvelle classification des Mammifères et sur les principes qui doivent servir de base dans cette sorte de travail; lu à la Société d'histoire naturelle, le 1er floréal de l'an III, par les cit. Geoffroy et Cuvier. Magas. encycl. T. II. An III

Mémoire sur la structure interne et externe, et sur les affinités des animaux auxquels on a donne le nom de vers, lu à la Société d'histoire naturelle, le 21 floréal de l'an III. Décad. philosoph. T. V. An III.

Second Mémoire sur l'organisation et les rapports des animaux à sang blanc, dans lequel on traite de la structure des mollusques et de leur division en ordres, lu à la Société d'histoire naturelle, le 11 prairial an III. Magas. encyclop. T. II. An III.

Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux. 1 vol. in-8°. Paris, 1798.

Sur un nouveau rapprochement à établir entre les classes qui composent le règne animal. Ann. du Mus. T. XIX. 1812.

Mémoire sur la composition de la mâchoire supérieure des Poissons et sur le parti que l'on en peut tirer pour la distribution méthodique de ces animaux. Mém. du Mus. T. Ier. 1815.

Le Règne animal distribué d'après son organisation. 4 vol. in-8°. Paris, 1817.

La seconde édition en 5 vol. a paru de 1829 à 1830.

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE COMPARÉES.

Mémoire sur le larynx inférieur des Oiseaux. Magas. encyclop. T. II. 1796.

Discours prononcé par le cit. Cuvier à l'ouverture du cours d'anatomie comparée qu'il fait au Muséum national d'histoire naturelle pour le cit. Mertrud. Magas. encyclop. T. V. 1795.

Conjectures sur le sixième sens qu'on a remarqué dans les Chauve-souris. Magas. encyclop. T. VI. 1795.

Note sur la découverte de l'oreille interne des Cétacés. Magas. encyclop. T. VI. 1795.

Observations sur le larynx du Couagga. Bull. philom. 1795.

Mémoire sur la circulation des animaux à sang blanc. Bull. de la Soc. philom.

Sur les narines des Cétacés. Bull. philom. N° 4. Juillet 1797.

Sur les rates du Marsouin. Bull. philom. N° 6. Septembre 1797.

Mémoire sur les différences des cerveaux considérés dans tous les animaux à sang rouge. Bull. philom. N° 27. 1795.

Leçons d'anatomie comparée, recueillies et publiées sous les yeux de G. Cuvier, par C. Duméril, chef des travaux anatomiques de l'École de médecine de Paris. An VIII (1800). T. I et II.

Les *Leçons* des tomes III, IV et V, recueillies par G. L. Duvernoy, docteur en médecine, etc., ont paru en 1805.

Mémoire sur les dents des Poissons. Bull. philom. N° 52. 1801.

Recherches d'anatomie comparée sur les dents des Mammifères, des Reptiles et des Poissons. Bull. philom. N° 82. 1804.

Sur la composition de la tête osseuse dans les animaux vertébrés. Ann. du Mus. T. XIX. 1812.

Mémoire sur les œufs des Quadrupèdes. Mém. du Mus. T. III. 1817.

Extrait des observations faites sur le cadavre d'une femme connue à Paris et à Londres sous le nom de Vénus Hottentote. Mém. du Mus. T. III. 1817.

Nouvelles observations sur une altération singulière de quelques têtes humaines. Mém. du Mus. T. XI. 1824.

Mémoire sur les progrès de l'ossification dans le sternum des Oiseaux. Ann. des sc. nat. Mai 1832.

Mémoire sur les œufs de Seiche. Ann. des sc. nat. 1832.

Ossements fossiles.

Mémoire sur les espèces d'Éléphants vivantes et fossiles, lu à l'Institut le 1er pluviôse an IV. Mém. de l'Institut. T. II. Journ. de physiq. T. Ier (1800.

Notice sur le squelette d'une très-grande espèce de quadrupède inconnue jusqu'à présent, trouvé au Paraguay et déposé au Cabinet de Madrid. Magas. encyclop. An IV. T. Ier.

Sur les têtes d'Ours fossiles des cavernes de Gaylenreuth. Bull. de la Soc. philom.

Extrait d'un Mémoire sur les ossements de Quadrupèdes. Bull. philom. N° 18. Août 1798.

Sur les ossements qui se trouvent dans le gypse de Montmartre. Bull. philom. N° 20. Oct. 1798.

Sur les Tapirs fossiles de France. Bull. philom. N. 34. Février 1800.

Sur les Ornitholithes de Montmartre. Bull. philom. N° 41. Juill. 1800. Journ. de physique, t. LI.

Addition à l'article des Ornitholithes. Bull. philom. N° 42.

Addition à l'article des Quadrupèdes fossiles de Montmartre. Bull. philom. N° 42.

Extrait d'un ouvrage sur les espèces de Quadrupèdes dont on a trouvé les ossements dans l'intérieur de la terre. Journ. de physiq. T. LII. Germinal an IX.

N. B. Nous plaçons ici les descriptions anatomiques ou zoologiques suivantes, soit qu'elles concernent des animaux *vivants* ou *perdus*, parce qu'elles ont été faites en vue de la détermination des *ossements fossiles*

Sur le Rhinocéros bicorne. Magas. encyclop. T. Ier. 1795.

Mémoire sur les différentes espèces de Rhinocéros. Bull. philom. N° 3. 1797.

Description ostéologique du Rhinocéros unicorne. Ann. du Mus. T. III. 1803.

Description ostéologique du Tapir. Ibid.

Sur quelques dents et os trouvés en France, qui paraissent avoir appartenu à des animaux du genre du Tapir. Ibid.

Description ostéologique et comparative du Daman (Hyrax capensis). Ibid.

Sur les espèces d'animaux d'où proviennent les os fossiles répandus dans la pierre à plâtre des environs de Paris. 1er *Mémoire. Restitution de la tête.* Ibid. 2e *Mémoire, etc.* Ibid.

Suite des Recherches sur les ossements fossiles de la pierre à plâtre des environs de Paris. 3e *Mémoire. Restitution des pieds.* Ann. du Mus. Ibid.

Suite des Recherches, etc. 5e *Mémoire.* T. IV. 1804.

Sur l'Hippopotame et sur son ostéologie. Ibid.

Addition à l'article de l'Hippopotame. Ibid.

Sur les ossements fossiles d'Hippopotame. Ibid.

Observations sur l'ostéologie des Paresseux. Ibid.

Sur le squelette presque entier d'un petit quadrupède du genre des Sarigues, trouvé dans la pierre à plâtre des environs de Paris. Ibid. T. V. 1805.

Sur le Mégalonix, animal de la famille des paresseux, mais de la taille du bœuf, dont les ossements ont été découverts en Virginie, en 1796. Ann. du Mus. T. IV.

Sur le Mégathérium, autre animal de la famille des paresseux, mais de la taille du rhinocéros, dont un squelette fossile, presque complet, est conservé au Cabinet d'histoire naturelle à Madrid. Ibid.

Sur les ossements fossiles d'Hyène. Ibid. T. VI. 1805.

Troisième Mémoire sur les ossements fossiles de la pierre à plâtre des environs de Paris. Ibid.

Sur des ossements fossiles trouvés en divers endroits de France, et plus ou moins semblables à ceux de Palæothérium. Ibid.

Sur les Rhinocéros fossiles. Ann. du Mus. T. VII. 1806.

Sur les ossements du genre de l'Ours qui se trouvent en grande quantité dans certaines cavernes d'Allemagne et de Hongrie. Ibid.

Sur les Éléphants vivants et fossiles. Ibid. T. VIII. 1806.

Sur le grand Mastodonte, animal très-voisin de l'éléphant, etc. Ibid.

Sur différentes dents du genre des Mastodontes. Ibid.

Résumé général de l'histoire des ossements fossiles de Pachydermes des terrains meubles et d'alluvion. Ibid.

Suite des Recherches sur les ossements fossiles des environs de Paris. Ibid. T. IX. 1807.

Suite des Recherches, etc. Ibid.

Mémoire sur les ossements d'Oiseaux qui se trouvent dans les carrières de pierre à plâtre des environs de Paris. Ibid.

Sur les espèces des animaux carnassiers dont on trouve les ossements mêlés à ceux d'Ours dans les carrières d'Allemagne et de Hongrie. Ibid.

Sur les différentes espèces de Crocodiles vivants, et sur leurs caractères distinctifs. Ibid. T. X. 1807.

Mémoire sur quelques ossements de carnassiers épars dans les carrières à plâtre des environs de Paris. Ibid.

Rapport fait à la classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut, SUR L'ÉLÉPHANT FOSSILE *trouvé avec ses chairs en Sibérie; vu par M. Adams en* 1807. Ibid. T. XI.

Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, par MM. Cuvier et Brongniart. Ibid.

Observations sur les Crocodiles vivants. Ibid. T. XII. 1808.

Sur les ossements fossiles de Crocodiles. Ibid.

Sur le grand animal fossile des carrières de Maëstricht. Ibid.

Sur les os fossiles de Ruminants. Ibid.

Sur les breches osseuses qui remplissent les fentes des rochers de Gibraltar. Ibid. T. XIII. 1809.

Sur l'ostéologie du Lamantin, et sur les os fossiles du Lamantin et du Phoque. Ibid.

Sur quelques Quadrupèdes Ovipares fossiles. Ibid.

Sur l'ostéologie du Lamantin, etc. Ibid.

Des os fossiles de Chevaux et de Sangliers. Ibid. T. XIV. 1809.

Supplément au Mémoire sur les Ornitholithes. Ibid.

De quelques Rongeurs fossiles. Ibid.

Recherches sur les espèces vivantes de grands Chats, pour servir de preuves et d'éclaircissements au chapitre sur les Carnassiers fossiles. Ibid.

Sur les ossements fossiles de Tortues. Ibid.

Mémoire sur les os de Reptiles et de Poissons des carrières à plâtre des environs de Paris. Ibid. T. XVI. 1810.

RECHERCHES SUR LES OSSEMENTS FOSSILES DE QUADRUPÈDES, *etc.* T. I, II, III et IV, in-4°. Paris, 1812.

La description géologique des couches des environs de Paris est commune à *M. Cuvier* et à *M. Al. Brongniart.*

Discours sur la Théorie de la terre, servant d'introduction aux Recherches sur les ossements fossiles. 1 vol. in-4°. Paris, 1821.

Seconde édition des Recherches sur les ossements fossiles. T. Ier. Paris, 1821 à 1824.

Sur la détermination des diverses espèces de Baleines vivantes. Ann. des sc. nat. T. II. 1824.

Sur des os de Seiches fossiles. Ibid.

Discours sur les révolutions de la surface du globe. 1 vol. in-8°. Paris, 1825.

Recherches sur les ossements fossiles. Troisième édition. Paris, 1825.

HISTOIRE DES SCIENCES PHYSIQUES OU NATURELLES.

Analyse des travaux de la classe des sciences physiques et mathématiques de l'Institut national, et de l'Académie des sciences, de l'année 1803 *à l'année* 1830. Mém. de l'Inst. nat. et de l'Acad. des sc.

Notice sur l'établissement de la collection d'anatomie comparée du Muséum national. Ann. du Mus. T. II. 1803.

RAPPORT HISTORIQUE SUR LES PROGRÈS DES SCIENCES PHYSIQUES DEPUIS 1789. Paris, 1810.

Réflexions sur la marche actuelle des sciences et sur leurs rapports avec la société. (Voy. ci-après : *Recueil des Éloges historiques.*) Lues à la réunion des quatre Acad., le 24 avril 1816.

Extrait d'un rapport sur l'état de l'histoire naturelle et sur ses accroissements depuis le retour de la paix maritime. Ibid. Réunion des quatre Acad., 27 avril 1824.

Extrait d'un rapport sur les principaux changements éprouvés par les théories chimiques, et sur une partie des nouveaux services rendus par la chimie à la société. Ibid. Réunion des quatre Acad., 24 avril 1826.

Cours fait au collége de France sur l'histoire des sciences naturelles. Paris, 1831.

C'est la publication d'une partie de ses leçons, mais publication à laquelle il est resté étranger.

ÉLOGES HISTORIQUES

DES MEMBRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

Éloge historique de Daubenton;		lu le 5 avril 1800.
—	*de Lemonnier.*	7 octobre 1800.
—	*de L'Héritier.*	5 avril 1801.
—	*de Gilbert.*	7 octobre 1801.
—	*de Jean Darcet.*	5 avril 1802.
—	*de Priestley.*	24 juin 1805.
—	*de Cels.*	7 juillet 1806.
—	*d'Adanson.*	5 janvier 1807.
—	*de Broussonnet.*	4 janvier 1808.
—	*de Lassus.* *de Ventenat.*	2 janvier 1809.
—	*de Bonnet.* *de H. B. de Saussure.*	3 janvier 1810.
—	*de Fourcroy.*	7 janvier 1811.
—	*de Cavendish.* *de Desessarts.*	6 janvier 1812.
—	*de Pallas.*	5 janvier 1813.
—	*de Parmentier.* *de Rumford.*	9 janvier 1815.
—	*d'Olivier.*	8 juin 1816.
—	*de Tenon.*	17 mars 1817.
—	*de Werner.* *de Desmarest.*	16 mars 1818.
—	*de Beauvois.*	27 mars 1820.
—	*de Banks.*	2 avril 1821.
—	*de Duhamel.*	8 avril 1822.
—	*de Haüy.*	2 juin 1823.
—	*de Berthollet.* *de Richard.*	7 juin 1824.
—	*de Thouin.*	20 juin 1825.
—	*de Lacépède.*	5 juin 1826.
—	*de Hallé.* *de Corvisart.* *de Pinel.*	11 juin 1827.

Recueil des éloges historiques des membres de l'Académie des sciences. T. Ier, II, III. Paris, 1819-1827.

Éloge historique de Ramond.	16 juin 1828.
— *de Bosc.*	15 juin 1829.
— *de Davy.*	26 juillet 1830.
— *de Vauquelin.*	26 juillet 1831.
— *de Lamarck.*	lu après la mort de M. Cuvier, le 26 novembre 1832.

DISCOURS PRONONCÉS AUX FUNÉRAILLES :

de Van Spaendonck.	13 mai 1822.
de Delambre.	21 août 1822.
de Daru.	11 septembre 1829.
de Fourier.	18 mai 1830.

Etc., etc., etc.

DISCOURS PRONONCÉS DEVANT L'ACADÉMIE FRANÇAISE.

Discours de réception. 27 août 1818.

Discours de M. Cuvier*, directeur de l'Académie française, sur les prix de vertu.* 1829.

Etc., etc., etc.

RAPPORTS FAITS A L'ACADÉMIE DES SCIENCES :

Sur un Mémoire de MM. Gall et Spurzheim, intitulé : *Recherches sur le système nerveux en général, et sur le cerveau en particulier.* 1808.

Sur un Mémoire de M. Dutrochet, intitulé : *Recherches sur les enveloppes du fœtus.* 1815.

Sur un ouvrage de M. Victor Audouin, ayant pour titre : *Recherches anatomiques sur le thorax des animaux articulés, et celui des insectes en particulier.* 1821.

Sur un Mémoire de M. Flourens, intitulé : *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux*. 1822.

Sur un Mémoire de M. Flourens, intitulé : *Expériences sur les canaux semi-circulaires de l'oreille chez les oiseaux*. 1828.

INSTRUCTION PUBLIQUE.

Rapport sur les établissements d'Instruction publique des départements au delà des Alpes. 1810.

Sur les établissements d'Instruction publique de la Hollande et de la basse Allemagne. 1811.

ÉLOGE HISTORIQUE

DE

JOSEPH FOURIER,

PAR M. ARAGO, SECRÉTAIRE PERPÉTUEL.

Lu à la séance publique du 18 novembre 1833.

MESSIEURS,

Un académicien, jadis, ne différait d'un autre académicien, que par le nombre, la nature et l'éclat de ses découvertes. Leur vie, jetée en quelque sorte dans le même moule, se composait d'événements peu dignes de remarque. Une enfance plus ou moins studieuse; des progrès tantôt lents, tantôt rapides; une vocation contrariée par des parents capricieux ou aveugles; l'insuffisance de fortune, les privations qu'elle amène à sa suite, trente ans d'un professorat pénible et d'études difficiles, tels étaient les éléments tout ordinaires dont le talent admirable des anciens secrétaires de l'Académie a su tirer ces tableaux si piquants, si spirituels, si variés, qui forment un des principaux ornements de vos savantes collections.

Les biographes sont aujourd'hui moins à l'étroit. Les convulsions que la France a éprouvées pour sortir des langes de la routine, de la superstition et du privilége, ont jeté au milieu des orages de la vie politique, des citoyens de tous les âges, de toutes les conditions, de tous les caractères. Aussi, l'Académie des sciences a-t-elle figuré dans l'arène dévorante où, durant quarante années, le fait et le droit se sont tour à tour arraché le pouvoir, par un glorieux contingent de combattants et de victimes!

Reportez, par exemple, vos souvenirs vers l'immortelle assemblée nationale. Vous trouverez à sa tête un modeste académicien, modèle de toutes les vertus privées, l'infortuné Bailly, qui, dans les phases diverses de sa vie politique, sut concilier l'amour passionné de la patrie avec une modération que ses plus cruels ennemis eux-mêmes ont été forcés d'admirer.

Lorsque, plus tard, l'Europe conjurée lance contre la France un million de soldats; lorsqu'il faut improviser quatorze armées, c'est l'ingénieux auteur de l'*Essai sur les machines* et de la *Géométrie de position,* qui dirige cette opération gigantesque. C'est encore Carnot, notre honorable confrère, qui préside à l'incomparable campagne de dix-sept mois, durant laquelle des Français, novices au métier des armes, gagnent huit batailles rangées, sortent victorieux de cent quarante combats, occupent cent seize places fortes, deux cent trente forts ou redoutes, enrichissent nos arsenaux de quatre mille canons, de soixante-dix mille fusils, font cent mille prisonniers, et pavoisent le dôme des Invalides de quatre-vingt-dix drapeaux. Pendant le même temps, les

Chaptal, les Fourcroy, les Monge, les Berthollet, concouraient aussi à la défense de la nationalité française, les uns en arrachant à notre sol, par des prodiges d'industrie, jusqu'aux derniers atomes de salpêtre qu'il pouvait contenir; les autres, en transformant, à l'aide de méthodes nouvelles et rapides, les cloches des villes, des villages, des plus petits hameaux, en une formidable artillerie, dont nos ennemis croyaient, dont ils devaient croire, en effet, que nous étions dépourvus. A la voix de la patrie menacée, un autre académicien, le jeune et savant Meunier, renonçait sans effort aux séduisantes occupations du laboratoire; il allait s'illustrer sur les remparts de Kœnigstein, contribuer en héros à la longue défense de Mayence, et ne recevait la mort, à quarante ans, qu'après s'être placé au premier rang d'une garnison où brillaient les Aubert-Dubayet, les Beaupuy, les Haxo, les Kléber.

Comment pourrais-je oublier ici le dernier secrétaire de l'ancienne académie. Suivez-le dans une assemblée célèbre; dans cette convention dont on pardonnerait presque le sanglant délire, en se rappelant combien elle fut glorieusement terrible aux ennemis de notre indépendance, et toujours vous voyez l'illustre Condorcet, exclusivement occupé des grands intérêts de la raison et de l'humanité. Vous l'entendez « flétrir le honteux brigandage qui depuis deux siècles « dépeuplait, en le corrompant, le continent africain; » demander avec les accents d'une conviction profonde, qu'on purifie nos codes de cette affreuse peine capitale qui rend l'erreur des juges à jamais irréparable; il est l'organe officiel de l'assemblée toutes les fois qu'il faut parler aux

soldats, aux citoyens, aux factions, aux étrangers, un langage digne de la France; il ne ménage aucun parti, leur crie sans cesse « de s'occuper un peu moins d'eux-mêmes « et un peu plus de la chose publique ; » il répond, enfin, à d'injustes reproches de faiblesse, par des actes qui lui laissent, pour toute alternative, le poison ou l'échafaud.

La révolution française jeta aussi le savant géomètre dont je dois aujourd'hui célébrer les découvertes, bien loin de la route que le sort paraissait lui avoir tracée. Dans des temps ordinaires, c'est de *dom Joseph Fourier* que le secrétaire de l'Académie aurait dû vous entretenir ; c'est la vie tranquille et retirée d'un bénédictin qu'il eût déroulée devant vous. La vie de notre confrère sera, au contraire, agitée et pleine de périls ; elle se passera dans les dangereux combats du *forum ;* au milieu des hasards de la guerre ; en proie à tous les soucis d'une administration difficile. Cette vie , nous la trouverons étroitement enlacée aux plus grands événements de notre époque. Hâtons-nous d'ajouter qu'elle sera toujours digne, honorable, et que les qualités personnelles du savant rehausseront l'éclat de ses découvertes.

Fourier naquit à Auxerre, le 21 mars 1768. Son père, comme celui de l'illustre géomètre Lambert, était un simple tailleur. Cette circonstance eût jadis occupé beaucoup de place dans l'éloge de notre savant confrère ; grâce aux progrès des lumières, je puis en faire mention comme d'un fait sans importance : personne, en effet, ne croit aujourd'hui; personne même ne fait semblant de croire que le génie soit un privilége attaché au rang ou à la fortune.

Fourier devint orphelin à l'âge de huit ans. Une dame qui avait remarqué la gentillesse de ses manières et ses heureuses dispositions, le recommanda à l'évêque d'Auxerre. Par l'influence de ce prélat, Fourier fut admis à l'école militaire que dirigeaient alors les bénédictins de la congrégation de St-Maur. Il y fit ses études littéraires avec une rapidité et des succès surprenants. Plusieurs sermons fort applaudis à Paris dans la bouche de hauts dignitaires de l'Église, étaient sortis de la plume de l'écolier de douze ans. Il serait aujourd'hui impossible de remonter à ces premières compositions de la jeunesse de Fourier, puisqu'en divulguant le plagiat il a eu la discrétion de ne jamais nommer ceux qui en profitèrent.

Fourier avait, à treize ans, la pétulance, la vivacité bruyante de la plupart des jeunes gens de cet âge ; mais son caractère changea tout à coup et comme par enchantement, dès qu'il fut initié aux premières notions de mathématiques, c'est-à-dire, dès qu'il eut senti sa véritable vocation. Les heures réglementaires de travail ne suffirent plus alors à son insatiable curiosité. Des bouts de chandelles soigneusement recueillis dans la cuisine, les corridors et le réfectoire du collége, servaient, la nuit, dans un âtre de cheminée fermé avec un paravent, à éclairer les études solitaires par lesquelles Fourier préludait aux travaux qui, peu d'années après, devaient honorer son nom et sa patrie.

Dans une école militaire dirigée par des moines, l'esprit des élèves ne devait guère flotter qu'entre deux carrières : l'Église et l'épée. Ainsi que Descartes, Fourier voulut être soldat ; comme Descartes, la vie de garnison l'eût sans doute bientôt fatigué; on ne lui permit pas d'en faire l'expérience

Sa demande à l'effet de subir l'examen de l'artillerie, quoique vivement appuyée par notre illustre confrère Legendre, fut repoussée avec un cynisme d'expressions dont vous allez être juges vous-mêmes : « Fourier, répondit le ministre, « n'étant pas noble, ne pourrait entrer dans l'artillerie, quand « il serait un second Newton ! »

Il y a, messieurs, dans l'exécution judaïque des règlements, même lorsqu'ils sont les plus absurdes, quelque chose de respectable que je me plais à reconnaître. En cette circonstance, rien ne pouvait affaiblir l'odieux des paroles ministérielles. Il n'est point vrai, en effet, qu'on n'entrât anciennement dans l'artillerie qu'avec des titres de noblesse : une certaine fortune suppléait souvent à des parchemins. Ainsi, ce n'était pas seulement un je ne sais quoi d'indéfinissable que, par parenthèse, nos ancêtres les Francs n'avaient pas encore inventé, qui manquait au jeune Fourier, c'était une rente de quelques centaines de livres, dont les hommes placés alors à la tête du pays auraient refusé de voir l'équivalent dans le génie d'un second Newton! Conservons ces souvenirs, messieurs: ils jalonnent admirablement l'immense carrière que la France a parcourue depuis quarante années. Nos neveux y verront d'ailleurs, non l'excuse, mais l'explication de quelques-uns des sanglants désordres qui souillèrent notre première révolution.

Fourier n'ayant pu ceindre l'épée prit l'habit de bénédictin, et se rendit à l'abbaye de Saint-Benoît-sur-Loir, où il devait faire son noviciat. Il n'avait pas encore prononcé de vœux, lorsque, en 1789, de belles, de séduisantes idées sur la régénération sociale de la France s'emparèrent de tous les esprits. Aussitôt Fourier renonça à la carrière ecclésiastique, ce qui

n'empêcha point ses anciens maîtres de lui confier la principale chaire de mathématiques à l'école militaire d'Auxerre, et de lui prodiguer les marques d'une vive et sincère affection. J'ose le dire, aucune circonstance, dans la vie de notre confrère, ne témoigne plus fortement de la bonté de son naturel et de l'aménité de ses manières. Il faudrait ne pas connaître le cœur humain, pour supposer que les moines de Saint-Benoît ne ressentirent point quelque dépit en se voyant si brusquement abandonnés; pour imaginer, surtout, qu'ils renoncèrent sans de vifs regrets à la gloire que l'ordre pouvait attendre du collaborateur ingénieux qui leur échappait.

Fourier répondit dignement à la confiance dont il venait d'être l'objet. Quand ses collègues étaient indisposés, le professeur titulaire de mathématiques occupait, tour à tour, les chaires de rhétorique, d'histoire, de philosophie, et, quel que fût l'objet de ses leçons, il répandait à pleines mains, dans un auditoire qui l'écoutait avec délices, les trésors d'une instruction variée et profonde, ornés de tout ce que la plus élégante diction pouvait leur donner d'éclat.

A la fin de 1789, Fourier se rendit à Paris, et lut devant l'Académie des sciences un mémoire concernant la résolution des équations numériques de tous les degrés. Ce travail de sa première jeunesse, notre confrère ne l'a pour ainsi dire jamais perdu de vue. Il l'expliquait, à Paris, aux élèves de l'école polytechnique; il le développait sur les bords du Nil, en présence de l'Institut d'Égypte; à Grenoble, depuis 1802, c'était le sujet favori de ses entretiens avec les professeurs de l'école centrale ou de la faculté des sciences; ce mémoire,

enfin, renfermait les fondements de l'ouvrage que Fourier faisait imprimer, lorsque la mort vint le frapper.

Un sujet scientifique n'occupe pas tant de place, dans la vie d'un savant du premier ordre, sans avoir de l'importance et de la difficulté. La question d'analyse algébrique dont il vient d'être fait mention, et que Fourier a étudiée avec une si remarquable persévérance, n'est pas une exception à cette règle. Elle se présente dans un grand nombre d'applications du calcul au mouvement des astres ou à la physique des corps terrestres, et, en général, dans les problèmes qui conduisent à des équations d'un degré élevé. Dès qu'il veut sortir du domaine des abstractions, le calculateur a besoin des racines de ces équations; ainsi, l'art de les découvrir à l'aide d'une méthode uniforme, soit exactement, soit par approximation, a dû de bonne heure exciter la sollicitude des géomètres.

Un œil attentif aperçoit déjà quelques traces de leurs efforts, dans les écrits des mathématiciens de l'école d'Alexandrie. Ces traces, il faut le dire, sont si légères, si imparfaites, qu'on aurait vraiment le droit de ne faire remonter la naissance de cette branche de l'analyse, qu'aux excellents travaux de notre compatriote Viète. Descartes, à qui on rend une justice bien incomplète quand on se contente de dire qu'il nous apprit beaucoup en nous apprenant à douter, s'occupa aussi un moment de ce problème, et y laissa l'empreinte ineffaçable de sa main puissante. Hudde donna pour un cas particulier, mais très-important, des règles auxquelles on n'a depuis rien ajouté; Rolle, de l'Académie des sciences, consacra à cette unique question sa vie tout entière. Chez nos voisins d'outre-mer, Harriot, Newton, Mac-Laurin, Stirling, Waring,

je veux dire tout ce que, dans le dernier siècle, l'Angleterre produisit de géomètres illustres, en firent aussi l'objet de leurs recherches. Quelques années après, les noms de Daniel Bernoulli, d'Euler, de Fontaine, vinrent s'ajouter à tant de grands noms. Lagrange, enfin, entra à son tour dans la carrière, et, dès ses premiers pas, il substitua aux essais imparfaits, quoique fort ingénieux, de ses prédécesseurs, une méthode complète et à l'abri de toute objection. A partir de ce moment, la dignité de la science était satisfaite; mais, en pareille matière, il ne serait pas permis de dire avec le poëte:

« Le temps ne fait rien à l'affaire. »

Or, si les procédés inventés par Lagrange, simples dans leur principe, applicables à tous les cas, ont théoriquement le mérite de conduire au résultat avec certitude, ils exigeraient, d'autre part, des calculs d'une longueur rebutante. Il restait donc à perfectionner la partie pratique de la question: il fallait trouver les moyens d'abréger la route, sans lui rien faire perdre de sa sûreté. Tel était le but principal des recherches de Fourier, et ce but il l'a atteint en grande partie.

Descartes avait déjà trouvé dans l'ordre suivant lequel se succèdent les signes des différents termes d'une équation numérique quelconque, le moyen de décider, par exemple, combien cette équation peut avoir de racines réelles positives. Fourier a fait plus: il a découvert une méthode pour déterminer en quel nombre les racines également positives de toute équation, peuvent se trouver comprises entre deux quantités données. Ici certains calculs deviennent nécessaires,

mais ils sont très-simples, et quelque précision que l'on désire, ils conduisent sans fatigue aux solutions cherchées.

Je doute que l'on puisse citer une seule découverte scientifique de quelque importance, qui n'ait pas suscité des discussions de priorité. La nouvelle méthode de Fourier pour résoudre les équations numériques est, sous ce rapport, largement comprise dans la loi commune. On doit, au surplus, reconnaître que le théorème qui sert de base à cette méthode a été d'abord publié par M. Budan ; que, d'après une règle qu'ont solennellement sanctionnée les principales académies de l'Europe, et dont les historiens des sciences ne sauraient s'écarter sans tomber dans l'arbitraire et la confusion, M. Budan doit être considéré comme inventeur. Je dirai, avec une égale assurance, qu'il serait impossible de refuser à Fourier le mérite d'être arrivé au but par ses propres efforts. Je regrette même que pour établir des droits que personne n'entendait nier, il ait jugé nécessaire de recourir à des certificats d'anciens élèves de l'école polytechnique ou de professeurs de l'Université. Puisque notre confrère avait la modestie de croire que sa simple déclaration ne devait pas suffire, pourquoi, et cet argument eût été plein de force, ne faisait-il pas remarquer à quel point sa démonstration diffère de celle de son compétiteur? Démonstration admirable, en effet, et tellement imprégnée des éléments intimes de la question, qu'un jeune géomètre, M. Sturm, vient d'en faire usage pour établir la vérité du beau théorème à l'aide duquel il détermine, non plus de simples limites, mais le nombre exact de racines d'une équation quelconque, qui sont comprises entre deux quantités données.

Tout à l'heure nous avions laissé Fourier à Paris, soumet-

tant à l'Académie des sciences le travail analytique dont je viens de donner une idée générale. De retour à Auxerre, le jeune géomètre trouva la ville, les campagnes environnantes, et même l'école à laquelle il appartenait, vivement occupées des grandes questions de dignité humaine, de philosophie, de politique, qui étaient alors débattues par les orateurs des divers côtés de l'assemblée nationale. Fourier s'abandonna aussi à ce mouvement des esprits. Il embrassa avec enthousiasme les principes de la révolution et s'associa ardemment à tout ce que l'élan populaire offrait de grand, de juste, de généreux. Son patriotisme lui fit accepter les missions les plus difficiles. Disons que jamais, même au péril de sa vie, il ne transigea avec les passions basses, cupides, sanguinaires, qui surgissaient de toute part.

Membre de la société populaire d'Auxerre, Fourier y exerçait un ascendant presque irrésistible. Un jour, la Bourgogne tout entière en a conservé le souvenir. A l'occasion de la levée de 300,000 hommes, il fit vibrer si éloquemment les mots d'honneur, de patrie, de gloire; il provoqua tant d'enrôlements volontaires, que le tirage au sort devint inutile. A la voix de l'orateur, le contingent assigné au chef-lieu de l'Yonne se forma, se réunit spontanément dans l'enceinte même de l'assemblée, et marcha sur-le-champ à la frontière. Malheureusement, ces luttes du Forum dans lesquelles s'usaient alors tant de nobles vies, étaient loin d'avoir toujours une importance réelle. De ridicules, d'absurdes, de burlesques motions, y heurtaient sans cesse les inspirations d'un patriotisme pur, sincère, éclairé. La société populaire d'Auxerre nous fournirait, au besoin, plus d'un exemple de ces désolants contrastes. Ainsi, je pourrais dire que, dans la même enceinte où Fourier sut

exciter les honorables sentiments que j'ai rappelés avec bonheur, il eut, une autre fois à combattre certain orateur, peut-être bien intentioné, mais assurémennt mauvais astronome, lequel voulant échapper, disait-il, au *bon plaisir* des administrateurs municipaux, demandait que les noms de quartier du *Nord*, de l'*Est*, du *Sud* et de l'*Ouest* fussent assignés aux diverses parties de la ville d'Auxerre, par la voie du sort.

Les lettres, les beaux-arts, les sciences, semblèrent un moment devoir ressentir aussi l'heureuse influence de la révolution française. Voyez, par exemple, avec quelle largeur d'idées fut conçue la réforme des poids et mesures; sur quelles vastes opérations on résolut de l'appuyer; quels géomètres, quels astronomes, quels physiciens éminents présidèrent à toutes les parties de ce grand travail! Hélas! d'affreux déchirements intérieurs vinrent bientôt assombrir ce magnifique spectacle. Les sciences ne pouvaient prospérer au milieu du combat acharné des factions. Elles eussent rougi de rien devoir aux hommes de sang, dont les passions aveugles immolèrent les Saron, les Bailly, les Lavoisier.

Peu de mois après le 9 thermidor, la convention voulant ramener le pays vers des idées d'ordre, de civilisation et de progrès intérieurs, songea à organiser l'instruction publique; mais où trouver des professeurs? Les corporations religieuses dans lesquelles on les choisissait anciennement, étaient supprimées : elles avaient d'ailleurs émigré presque en masse. Les membres laïques du corps enseignant, devenus officiers d'artillerie, du génie ou d'état-major, combattaient aux frontières les ennemis de la France. Heureusement, dans cette époque d'exaltation intellectuelle, rien ne semblait impossible. Les professeurs manquaient, on *décréta* qu'il en serait créé sans

retard, et *l'école normale* naquit. Quinze cents citoyens de tout âge, présentés par les chefs-lieux de district, s'y trouvèrent aussitôt réunis, non pour étudier, dans toutes leurs ramifications, les diverses branches des connaissances humaines, mais afin d'apprendre, sous les plus grands maîtres, l'art d'enseigner.

Fourier était l'un de ces 1500 élèves. On s'étonnera, non sans quelque raison, je l'avoue, quand je dirai qu'il fut élu à Saint-Florentin, et qu'Auxerre parut insensible à l'honneur d'être représentée à Paris par le plus illustre de ses enfants. Mais cette indifférence sera comprise; ensuite s'écroulera sans retour, le laborieux échafaudage de calomnies auquel elle a servi de base, dès que je rappellerai qu'après le 9 thermidor, la capitale et surtout les départements, furent en proie à une réaction aveugle et désordonnée, comme le sont toujours les réactions politiques; que le crime, (pour avoir changé de bannière il n'en était pas moins hideux) usurpa la place de la justice; que d'excellents citoyens, des patriotes purs, modérés, consciencieux, étaient journellement traqués par des bandes d'assassins à gages devant lesquelles les populations restaient muettes d'effroi. Telles sont, Messieurs, les redoutables influences qui privèrent un moment Fourier du suffrage de ses compatriotes, et le travestirent en partisan de Robespierre, lui que Saint-Just, faisant allusion à son éloquence douce et persuasive, appelait un *patriote en musique;* lui que les Décemvirs plongèrent tant de fois dans les cachots; lui qui, au plus fort de la terreur, prêta devant le tribunal révolutionnaire, le secours de son admirable talent, à la mère du maréchal Davoust, coupable du crime, à cette époque irrémissible, d'avoir envoyé quelques sommes d'argent à

des émigrés; lui qui, à Tonnerre, eut l'incroyable audace d'enfermer sous clef à l'auberge, un agent du comité de salut public dont il avait surpris le secret, et se donna ainsi le temps d'avertir un honorable citoyen qu'on allait arrêter; lui, enfin, qui s'attaquant, corps à corps, au proconsul sanguinaire devant lequel tout tremblait dans l'Yonne, le fit passer pour fou, et obtint sa révocation! Voilà, Messieurs, quelques-uns des actes de patriotisme, de dévouement, d'humanité, qui signalèrent la première jeunesse de Fourier. Ils furent, vous l'avez vu, payés d'ingratitude; mais doit-on vraiment s'en étonner? Espérer de la reconnaissance de qui ne pourrait la manifester sans danger, ce serait méconnaître la fragilité humaine et s'exposer à de fréquents mécomptes.

Dans l'école normale de la convention, des débats succédaient de temps en temps aux leçons ordinaires. Ces jours-là, les rôles étaient intervertis : les élèves interrogeaient les professeurs. Quelques paroles prononcées par Fourier dans une de ces curieuses et utiles séances suffirent pour le faire remarquer. Aussi, dès qu'on sentit la nécessité de créer des maîtres de conférence, tous les yeux se portèrent-ils sur l'élève de Saint-Florentin. La précision, la lucidité, l'élégance de ses leçons, lui conquirent bientôt les applaudissements unanimes de l'auditoire difficile et nombreux qui lui fut confié.

A l'apogée de sa gloire scientifique et littéraire, Fourier reportait encore avec prédilection ses pensées sur 1794, et sur les efforts sublimes que faisait alors la nation française pour créer un corps enseignant. S'il l'avait osé, le titre d'élève de l'ancienne école normale eût été sans aucun doute celui dont il se serait paré de préférence. Cette école périt, Messieurs, de froid, de misère et de faim, et non pas, quoi qu'on en ait dit, à cause de quelques vices d'organisation, dont le temps

et la réflexion eussent facilement fait justice. Malgré son existence si courte, elle donna aux études scientifiques une direction toute nouvelle qui a eu les plus importants résultats. En appuyant cette opinion de quelques développements, je m'acquitterai d'une tâche que Fourier m'eût certainement imposée, s'il avait pu soupçonner qu'à de justes, qu'à d'éloquents éloges de son caractère et de ses travaux, viendraient, dans cette enceinte même et par la bouche d'un de ses successeurs, se mêler de vives critiques de sa chère école normale.

C'est à l'école normale conventionnelle qu'il faut inévitablement remonter, quand on veut trouver le premier enseignement public de la *géométrie descriptive,* cette belle création de Monge. C'est de là qu'elle est passée, presque sans modifications, à l'école polytechnique, dans les usines, dans les manufactures, dans les plus humbles ateliers.

De l'école normale date aussi une véritable révolution dans l'étude des mathématiques pures. Alors, des démonstrations, des méthodes, des théories importantes, enfouies dans les collections académiques, parurent pour la première fois devant les élèves, et les excitèrent à refondre, sur de nouvelles bases, les ouvrages destinés à l'enseignement.

A part quelques rares exceptions, les savants, en possession de faire avancer les sciences, formaient jadis en France une classe totalement distincte de celle des professeurs. En appelant les premiers géomètres, les premiers physiciens, les premiers naturalistes du monde au professorat, la convention jeta sur les fonctions enseignantes un éclat inaccoutumé, et dont nous ressentons encore les heureux effets. Aux yeux du public, un titre qu'avaient porté les La Grange, les La Place, les Monge,

les Berthollet, devint, avec raison, l'égal des plus beaux titres. Si, sous l'empire, l'école polytechnique compta parmi ses professeurs en exercice, des conseillers d'État, des ministres, et le président du sénat, n'en cherchez l'explication que dans l'élan donné par l'école normale.

Voyez dans les anciens grands colléges, les professeurs, cachés en quelque sorte derrière leurs cahiers, lisant en chaire, au milieu de l'indifférence et de l'inattention des élèves, des discours laborieusement préparés, et qui, tous les ans, reparaissaient les mêmes. Rien de pareil n'existait à l'école normale : les leçons orales y furent seules permises. L'autorité alla même jusqu'à exiger des savants illustres chargés de l'enseignement, la promesse formelle de ne jamais réciter des leçons qu'ils auraient apprises par cœur. Depuis cette époque, la chaire est devenue une tribune d'où le professeur, identifié pour ainsi dire avec ses auditeurs, voit dans leurs regards, dans leurs gestes, dans leur contenance, tantôt le besoin de se hâter, tantôt, au contraire, la nécessité de revenir sur ses pas, de réveiller l'attention par quelque observation incidente, de revêtir d'une forme nouvelle la pensée qui, dans son premier jet, avait laissé les esprits en suspens. Et n'allez pas croire que les belles improvisations dont retentissait l'amphithéâtre de l'école normale, restassent inconnues au public. Des sténographes, soldés par l'État, les recueillaient. Leurs feuilles, après la révision des professeurs, étaient envoyées aux quinze cents élèves, aux membres de la convention, aux consuls et agents de la république dans les pays étrangers, à tous les administrateurs des districts. A côté des habitudes parcimonieuses et mesquines de notre temps, c'était certainement de la prodigalité. Personne, toute-

fois, ne se rendrait l'écho de ce reproche, quelque léger qu'il paraisse, s'il m'était permis de désigner dans cette enceinte même un illustre académicien, à qui les leçons de l'école normale allèrent révéler son génie mathématique dans un obscur chef-lieu de district!

Le besoin de remettre en évidence les importants services, aujourd'hui méconnus, dont l'enseignement des sciences est redevable à la première école normale, m'a entraîné plus loin que je ne le voulais. J'espère qu'on me le pardonnera. L'exemple, en tout cas, ne sera pas contagieux. Les louanges du temps passé, vous le savez, Messieurs, ne sont plus de mode. Tout ce qui se dit, tout ce qui s'imprime, tend même à faire croire que le monde est né d'hier. Cette opinion qui permet à chacun de s'attribuer un rôle plus ou moins brillant dans le grand drame cosmogonique, est sous la sauvegarde de trop de vanités pour avoir rien à craindre des efforts de la logique.

Nous l'avons déjà dit, les brillants succès de Fourier à l'école normale lui assignèrent une place distinguée parmi les personnes que la nature a douées au plus haut degré du talent d'enseigner. Aussi ne fut-il pas oublié par les fondateurs de l'*École Polytechnique*. Attaché à ce célèbre établissement, d'abord avec le titre de surveillant des leçons de fortification, ensuite comme chargé du cours d'analyse, Fourier y a laissé une mémoire vénérée, et la réputation d'un professeur plein de clarté, de méthode, d'érudition; j'ajouterai même la réputation d'un professeur plein de grâce, car notre confrère a prouvé que ce genre de mérite, peut ne pas être étranger à l'enseignement des mathématiques.

Les leçons de Fourier n'ont pas été recueillies. Le Journal de l'école polytechnique ne renferme même qu'un seul mémoire de lui, sur le *principe des vitesses virtuelles*. Ce mémoire, qui probablement avait servi de texte à une leçon, montre que le secret des grands succès du célèbre professeur consistait dans la combinaison, artistement ourdie, de vérités abstraites, d'intéressantes applications et de détails historiques peu connus, puisés, chose si rare de nos jours, aux sources originales.

Nous voici à l'époque où la paix de Léoben ramena vers la capitale les principales illustrations de nos armées. Alors les professeurs et les élèves de l'école polytechnique eurent quelquefois l'honneur insigne de se trouver assis dans leurs amphithéâtres, à côté des généraux Desaix et Bonaparte. Tout leur présageait donc une participation active aux événements que chacun pressentait, et qui, en effet, ne se firent pas attendre.

Malgré l'état précaire de l'Europe, le Directoire se décida à dégarnir le pays de ses meilleures troupes, et à les lancer dans une expédition aventureuse. Éloigner de Paris le vainqueur de l'Italie, mettre ainsi un terme aux éclatantes démonstrations populaires dont sa présence était partout l'objet, et qui, tôt ou tard, seraient devenues un véritable danger, c'était tout ce que voulaient alors les cinq chefs de la république.

D'autre part, l'illustre général ne rêvait pas seulement la conquête momentanée de l'Égypte ; il désirait rendre à ce pays son antique splendeur ; il voulait étendre ses cultures, perfectionner les irrigations, créer de nouvelles industries, ouvrir au commerce de nombreux débouchés, tendre une main

secourable à des populations malheureuses, les arracher au joug abrutissant sous lequel elles gémissaient depuis des siècles, les doter, enfin, sans retard, de tous les bienfaits de la civilisation européenne. D'aussi grands desseins n'auraient pas pu s'accomplir avec le seul personnel d'une armée ordinaire. Il fallut faire un appel aux sciences, aux lettres, aux beaux-arts; il fallut demander le concours de quelques hommes de tête et d'expérience. Monge et Berthollet, l'un et l'autre membres de l'institut et professeurs à l'école polytechnique, devinrent, pour cet objet, les recruteurs du chef de l'expédition. Cette expédition, nos confrères en connaissaient-ils réellement le but? Je n'oserais pas l'affirmer ; mais je sais, en tout cas, qu'il ne leur était pas permis de le divulguer. Nous allons dans un pays éloigné; nous nous embarquerons à Toulon; nous serons constamment avec vous; le général Bonaparte commandera l'armée; tel était, dans le fond et dans la forme, le cercle restreint de confidences qui leur avait été impérieusement tracé. Sur la foi de paroles aussi vagues, avec les chances d'un combat naval, avec les pontons anglais en perspective, allez aujourd'hui essayer d'enrôler un père de famille, un savant déjà connu par des travaux utiles et placé dans quelque poste honorable; un artiste en possession de l'estime et de la confiance publiques, et je me trompe fort si vous recueillez autre chose que des refus ; mais en 1798, la France sortait à peine d'une crise terrible, pendant laquelle son existence même avait été fréquemment mise en problème. Qui d'ailleurs ne s'était trouvé exposé à d'imminents dangers personnels? Qui n'avait vu de ses propres yeux, des entreprises vraiment désespérées, conduites à une heureuse fin? En faut-il davantage pour expliquer ce

caractère aventureux, cette absence de tout souci du lendemain qui paraît avoir été un des traits les plus saillants de l'époque directoriale. Fourier accepta donc, sans hésiter, les propositions que ses collègues lui portèrent au nom du général en chef; il quitta les fonctions si recherchées de professeur à l'école polytechnique, pour aller...... il ne savait où, pour faire...... il ne savait quoi!

Le hasard plaça Fourier pendant la traversée, sur le bâtiment qui portait Kléber. L'amitié que le savant et l'homme de guerre se vouèrent dès ce moment n'a pas été sans quelque influence sur les événements dont l'Égypte fut le théâtre après le départ de Napoléon.

Celui qui signait ses ordres du jour : « *le membre de l'Institut* commandant en chef l'armée d'Orient, » ne pouvait manquer de placer une Académie parmi les moyens de régénération de l'antique royaume des Pharaons. La vaillante armée qu'il commandait venait à peine de conquérir le Kaire dans la mémorable bataille des Pyramides, que l'*Institut d'Égypte* naquit. Quarante-huit membres, partagés en quatre sections, devaient le composer. Monge eut l'honneur d'en être le premier président. Comme à Paris, Bonaparte appartenait aux sections mathématiques. La place de secrétaire perpétuel abandonnée au libre choix de la compagnie fut, tout d'une voix, donnée à Fourier.

Vous avez vu le célèbre géomètre remplir les mêmes fonctions à l'Académie des sciences; vous avez apprécié l'étendue de ses lumières, sa bienveillance éclairée, son inaltérable affabilité, son esprit droit et conciliant. Ajoutez par la pensée à tant de rares qualités, l'activité que la jeunesse, que la santé peuvent seules donner, et vous aurez recréé le se-

crétaire de l'Institut d'Égypte, et le portrait que je voudrais en faire pâlirait à côté du modèle.

Sur les bords du Nil, Fourier se livrait à des recherches assidues sur presque toutes les branches de connaissances que comprenait le vaste cadre de l'Institut. La *Décade* et le *Courrier de l'Égypte* font connaître les titres de ses divers travaux. J'y remarque un mémoire sur la résolution générale des équations algébriques; des recherches sur les méthodes d'élimination; la démonstration d'un nouveau théorème d'algèbre; un mémoire sur l'analyse indéterminée; des études sur la mécanique générale; un travail technique et historique sur l'aqueduc qui porte les eaux du Nil au château du Kaire; des considérations sur les Oasis; le plan de recherches statistiques à entreprendre sur l'état de l'Égypte; le programme des explorations auxquelles on devrait se livrer sur l'emplacement de l'ancienne Memphis, et dans toute l'étendue des sépultures; le tableau des révolutions et des mœurs de l'Égypte, depuis sa conquête par Sélim.

Je trouve encore, dans la Décade égyptienne, que le premier jour complémentaire de l'an VI, Fourier présenta à l'Institut la description d'une machine destinée à faciliter les irrigations, et qui devait être mue par la force du vent.

Ce travail, si éloigné de la direction ordinaire des idées de notre confrère, n'a pas été imprimé. Il trouverait naturellement sa place dans un ouvrage dont l'expédition d'Égypte pourrait encore fournir le sujet, malgré les nombreuses et belles publications qu'elle a déjà fait naître : ce serait la description des fabriques d'acier, d'armes, de poudre, de drap, de machines, d'instruments de toute espèce que notre armée eut à improviser. Si, pendant notre enfance, les expé-

dients que Robinson Crusoé met en œuvre pour échapper aux dangers romanesques qui viennent sans cesse l'assaillir, excitent vivement notre intérêt, comment dans l'âge mûr verrions-nous avec indifférence une poignée de Français, jetée sur les rives inhospitalières de l'Afrique, sans aucune communication possible avec la mère patrie, forcée de combattre à la fois les éléments et de formidables armées, manquant de nourriture, de vêtements, d'armes, de munitions, et suppléant à tout à force de génie!

La longue route que j'ai encore à parcourir me permettra à peine d'ajouter quelques mots sur les services administratifs de l'illustre géomètre. Commissaire français auprès du divan du Kaire, il était devenu l'intermédiaire officiel entre le général en chef et tout Égyptien qui pouvait avoir à se plaindre d'une attaque contre sa personne, sa propriété, ses mœurs, ses usages, sa croyance. Des formes toujours douces; de scrupuleux ménagements pour des préjugés, qu'on eût vainement combattus de front; un esprit de justice inflexible, lui avaient donné sur la population musulmane un ascendant que les préceptes du Koran ne permettaient guère d'espérer, et qui servit puissamment à entretenir des relations amicales entre les habitants du Kaire et le soldat français. Fourier était surtout en vénération parmi les cheiks et les ulémas. Une seule anecdote, et l'on fera comprendre que ce sentiment était commandé par la plus légitime reconnaissance.

L'*Émir Hadgy,* ou prince de la caravane, que le général Bonaparte avait nommé en arrivant au Kaire, s'évada pendant la campagne de Syrie. On eut, dès lors, de très-fortes raisons de croire que quatre *cheiks ulémas* s'étaient rendus complices de la trahison. De retour en Égypte, Bonaparte

confia l'examen de cette grave affaire à Fourier. Ne me proposez pas, dit-il, des demi-mesures. Vous avez à prononcer sur de grands personnages : il faut ou leur trancher la tête, ou les inviter à dîner. Le lendemain de cet entretien, les quatre cheiks dînaient avec le général en chef. En suivant les inspirations de son cœur, Fourier ne faisait pas seulement un acte d'humanité, c'était de plus de l'excellente politique. Notre savant confrère, M. Geoffroy Saint-Hilaire, de qui je tiens l'anecdote, raconte en effet que *Soleyman el Fayoumi*, le principal des chefs égyptiens, dont le supplice, grâce à notre confrère, s'était transformé si heureusement en un banquet, saisissait toutes les occasions de célébrer parmi ses compatriotes la générosité française.

Fourier ne montra pas moins d'habileté lorsque nos généraux lui donnèrent des missions diplomatiques. C'est à sa finesse, à son aménité que notre armée fut redevable d'un traité d'alliance offensive et défensive avec *Mourad-Bey*. Justement fier du résultat, Fourier oublia de faire connaître les détails de la négociation. On doit vivement le regretter, car le plénipotentiaire de Mourad était une femme, cette même *Sitty Néfiçah*, que Kléber a immortalisée en proclamant *sa bienfaisance, son noble caractère* dans le bulletin d'Héliopolis, et qui, du reste, était déjà célèbre d'une extrémité de l'Asie à l'autre, à cause des révolutions sanglantes que sa beauté sans pareille avait suscitées parmi les mameluks.

L'incomparable victoire que Kléber remporta sur l'armée du grand vizir, n'abattit point l'énergie des janissaires qui s'étaient emparés du Kaire pendant qu'on combattait à Héliopolis. Ils se défendirent de maison en maison avec un courage héroïque. On avait à opter entre l'entière destruction

de la ville et une capitulation honorable pour les assiégés. Ce dernier parti prévalut: Fourier, comme d'habitude, chargé de la négociation, la conduisit à bon port; mais, cette fois, le traité ne fut pas discuté, convenu et signé dans l'enceinte mystérieuse d'un harem, sur de moelleux divans, à l'ombre de bosquets embaumés. Les pourparlers eurent lieu dans une maison à moitié ruinée par les boulets et par la mitraille; au centre du quartier dont les révoltés disputaient vaillamment la possession à nos soldats; avant même qu'on eût pu convenir des bases d'une trève de quelques heures. Aussi, lorsque Fourier s'apprêtait à célébrer, suivant les coutumes orientales, la bienvenue du commissaire turc, de nombreux coups de fusil partirent de la maison en face, et une balle traversa la cafetière qu'il tenait à la main. Sans vouloir mettre en question la bravoure de personne, ne pensez-vous pas, Messieurs, que si les diplomates étaient ordinairement placés dans des positions aussi périlleuses, le public aurait moins à se plaindre de leurs proverbiales lenteurs?

Pour réunir en un seul faisceau les services administratifs de notre infatigable confrère, j'aurais encore à vous le montrer, sur l'escadre anglaise, au moment de la capitulation de Menou, stipulant diverses garanties en faveur des membres de l'Institut d'Égypte; mais des services non moins importants et d'une autre nature, réclament aussi notre attention. Ils nous forceront même à revenir sur nos pas, à remonter jusqu'à l'époque, de glorieuse mémoire, où Desaix achevait la conquête de la haute Égypte, autant par la sagesse, la modération et l'inflexible justice de tous ses actes, que par la rapidité et l'audace des opérations militaires. Bonaparte chargea alors deux commissions nombreuses d'aller explorer

dans ces régions reculées, une multitude de monuments dont les modernes soupçonnaient à peine l'existence. Fourier et Costaz furent les commandants de ces commissions; je dis les commandants, car une force militaire assez imposante leur avait été confiée; car c'était souvent à l'issue d'un combat avec des tribus nomades d'Arabes, que l'astronome trouvait dans le mouvement des astres, les éléments d'une future carte géographique; que le naturaliste recueillait des végétaux inconnus, déterminait la constitution géologique du sol, se livrait à des dissections pénibles; que l'antiquaire mesurait les dimensions des édifices, qu'il essayait de copier avec exactitude les images fantasques dont tout était couvert dans ce singulier pays, depuis les plus petits meubles, depuis les simples jouets des enfants, jusqu'à ces prodigieux palais, jusqu'à ces façades immenses à côté desquelles les plus vastes constructions modernes attireraient à peine un regard.

Les deux commissions savantes étudièrent avec un soin scrupuleux, le temple magnifique de l'ancienne *Tentyris*, et surtout les séries de signes astronomiques qui ont soulevé de nos jours de si vifs débats; les monuments remarquables de l'*Ile* mystérieuse et sacrée d'*Éléphantine*; les ruines de *Thèbes* aux cent portes, devant lesquelles (et ce n'étaient cependant que des ruines!) notre armée étonnée s'arrêta tout entière pour applaudir.

Fourier présidait encore, *dans la haute Égypte*, à ces mémorables travaux, lorsque le général en chef quitta brusquement *Alexandrie*, et revint en France avec ses principaux amis. Ils se trompèrent donc, ceux qui, ne voyant pas notre confrère sur la frégate *le Muiron*, à côté de Monge et

de Berthollet, imaginèrent que Bonaparte n'avait pas su apprécier ses éminentes qualités. Si Fourier ne fut point du voyage, c'est qu'il était à cent lieues de la Méditerranée, quand le Muiron mit à la voile. L'explication cesse d'être piquante, mais elle est vraie. En tout cas, l'amitié de Kléber pour le secrétaire de l'Institut d'Égypte, la juste influence qu'il lui accorda dans une multitude d'occasions délicates, l'eussent amplement dédommagé d'un injuste oubli.

J'arrive, Messieurs, à l'époque, de douloureuse mémoire, où les *agas* des janissaires réfugiés en Syrie, désespérant de vaincre nos troupes, si admirablement commandées, à l'aide des armes loyales du soldat, eurent recours au stylet du lâche. Vous le savez, un jeune fanatique dont on avait exalté l'imagination dans les mosquées, par un mois de prières et d'abstinence, frappa d'un coup mortel le héros d'Héliopolis, au moment où, sans défiance, il écoutait avec sa bonté ordinaire le récit de prétendus griefs et promettait réparation.

Ce malheur, à jamais déplorable, plongea notre colonie dans une affliction profonde. Les Égyptiens eux-mêmes mêlèrent leurs larmes à celles des soldats français. Par une délicatesse de sentiment dont nous avons le tort de ne pas croire les mahométans capables, ils n'oublièrent point alors, ils n'ont jamais oublié depuis, de faire remarquer que l'assassin et ses trois complices n'étaient pas nés sur les bords du Nil.

L'armée, pour tromper sa douleur, désira que les funérailles de Kléber fussent célébrées avec une grande pompe. Elle voulut aussi qu'en ce jour solennel on lui retraçât la longue série d'actions éclatantes qui porteront le nom de

l'illustre général jusqu'à nos derniers neveux. Par un concert unanime, cette honorable et périlleuse mission fut confiée à Fourier.

Il est bien peu d'hommes, Messieurs, qui n'aient pas vu les rêves brillants de leur jeunesse aller se briser, l'un après l'autre, contre les tristes réalités de l'âge mur. Fourier a été une de ces rares exceptions.

Reportez-vous, en effet, par la pensée, à 1789, et cherchez ce que l'avenir pouvait promettre à l'humble néophyte de Saint-Benoît-sur-Loir. Sans doute un peu de gloire littéraire; la faveur de se faire entendre quelquefois dans les temples de la capitale; la satisfaction d'être chargé du panégyrique de tel ou tel personnage officiellement célèbre. Eh bien! neuf années se seront à peine écoulées, et vous le trouverez à la tête de l'Institut d'Égypte, et il sera l'oracle, l'idole d'une compagnie qui comptait parmi ses membres, Bonaparte, Berthollet, Monge, Malus, Geoffroy Saint-Hilaire, Conté, etc.; et sans cesse les généraux se reposeront sur lui du soin de dénouer des difficultés en apparence insolubles; et l'armée d'Orient elle-même, si riche dans tous les genres d'illustrations, ne voudra pas d'autre interprète quand il faudra raconter les hauts faits du héros qu'elle venait de perdre.

Ce fut sur la brèche d'un bastion récemment enlevé d'assaut par nos troupes; en vue du plus majestueux des fleuves, de la magnifique vallée qu'il féconde, de l'affreux désert de Libye, des colossales pyramides de Gizeh; ce fut en présence de vingt populations d'origines diverses que le Kaire réunit dans sa vaste enceinte, devant les plus vaillants soldats qui jamais eussent foulé une terre où, cependant, les noms d'Alexandre et de César retentissent encore; ce fut au

milieu de tout ce qui pouvait émouvoir le cœur, agrandir les idées, exciter l'imagination, que Fourier déroula la noble vie de Kléber. L'orateur était écouté avec un religieux silence; mais bientôt, désignant du geste les soldats rangés en bataille devant lui, il s'écrie : « Ah! combien de vous eussent aspiré « à l'honneur de se jeter entre Kléber et son assassin! Je « vous prends à témoin, intrépide cavalerie qui accourûtes « pour le sauver sur les hauteurs de Koraïm, et dissipâtes « en un instant la multitude d'ennemis qui l'avaient enve- « loppé! » A ces mots un frémissement électrique agite l'armée tout entière; les drapeaux s'inclinent, les rangs se pressent, les armes s'entre-choquent, un long gémissement s'échappe de quelques milliers de poitrines déchirées par le sabre et par la mitraille, et la voix de l'orateur va se perdre au milieu des sanglots.

Peu de mois après, sur le même bastion, devant les mêmes soldats, Fourier célébrait, avec non moins d'éloquence, les exploits, les vertus du général que les peuples conquis en Afrique saluèrent du nom si flatteur de *sultan juste;* et qui venait de faire à Marengo le sacrifice de sa vie, pour assurer le triomphe des armes françaises.

Fourier ne quitta l'Égypte qu'avec les derniers débris de l'armée, à la suite de la capitulation signée par Menou. De retour en France, ses premières, ses plus constantes démarches eurent pour objet l'illustration de l'expédition mémorable dont il avait été un des membres les plus actifs et les plus utiles. L'idée de rassembler en un seul faisceau les travaux si variés de tous ses confrères, lui appartient incontestablement. J'en trouve la preuve dans une lettre, encore manuscrite, qu'il écrivit à Kléber, de Thèbes, le 20

vendémiaire an VII. Aucun acte public dans lequel il soit fait mention de ce grand monument littéraire, n'est d'une date antérieure. L'Institut du Kaire, en adoptant dès le mois de frimaire an VIII le projet d'un *ouvrage d'Égypte*, confiait à Fourier le soin d'en réunir les éléments épars, de les coordonner, et de rédiger l'introduction générale.

Cette introduction a été publiée sous le titre de *Préface historique*. Fontanes y voyait réunies *les grâces d'Athènes et la sagesse de l'Égypte*. Que pourrais-je ajouter à un pareil éloge? Je dirai seulement qu'on y trouve, en quelques pages, les principaux traits du gouvernement des Pharaons, et les résultats de l'asservissement de l'antique Égypte par les rois de Perse, les Ptolémées, les successeurs d'Auguste, les empereurs de Byzance, les premiers califes, le célèbre Saladin, les mameluks, et les princes ottomans. Les diverses phases de notre aventureuse expédition y sont surtout caractérisées avec le plus grand soin. Fourier porte le scrupule jusqu'à *essayer* de prouver qu'elle fut légitime. J'ai dit seulement jusqu'à *essayer*, car, en ce point, il pourrait bien y avoir quelque chose à rabattre de la seconde partie de l'éloge de Fontanes. Si en 1797 nos compatriotes éprouvaient au Kaire ou à Alexandrie, des outrages, des extorsions que le Grand Seigneur ne voulait ou ne savait pas réprimer, on peut, à toute rigueur, admettre que la France devait se faire justice elle-même, qu'elle avait le droit d'envoyer une puissante armée pour mettre les douaniers turcs à la raison. Mais il y a loin de là à soutenir que le divan de Constantinople aurait dû favoriser l'expédition française; que notre conquête allait, *en quelque sorte*, lui rendre l'Égypte et la Syrie; que la prise d'Alexandrie et la bataille des Pyramides *ajouteraient à l'éclat*

du nom ottoman! Au surplus, le public s'est empressé d'absoudre Fourier de ce qu'il y a de hasardé dans cette petite partie de son bel ouvrage. Il en a cherché l'origine dans les exigences de la politique. Tranchons le mot, derrière certains sophismes il a cru voir la main de l'ancien général en chef de l'armée d'Orient!

Napoléon aurait donc participé par des avis, par des conseils, ou, si l'on veut, par des ordres impératifs, à la composition du discours de Fourier. Ce qui naguère n'était qu'une conjecture plausible est devenu maintenant un fait incontestable. Grâce à la complaisance de M. Champollion-Figeac, je tenais ces jours derniers dans mes mains, quelques parties des premières *épreuves* de la préface historique. Ces épreuves furent remises à l'Empereur, qui voulut en prendre connaissance à tête reposée avant de les lire avec Fourier. Elles sont couvertes de notes marginales, et les additions qui en ont été la conséquence s'élèvent à près du tiers de l'étendue du discours primitif. Sur ces feuilles, comme dans l'œuvre définitive livrée au public, on remarque l'absence complète de noms propres : il n'y a d'exception que pour les trois généraux en chef. Ainsi Fourier s'était imposé *lui-même* la réserve que certaines vanités ont tant blâmée. J'ajouterai que nulle part, sur les épreuves si précieuses de M. Champollion, on n'aperçoit de traces des misérables sentiments de jalousie qu'on a prêtés à Napoléon. Il est vrai qu'en montrant du doigt le mot illustre appliqué à Kléber, l'Empereur dit à notre confrère: QUELQU'UN *m'a fait remarquer* CETTE ÉPITHÈTE ; mais après une petite pause il ajouta : *Il est convenu que vous la laisserez, car elle est juste et bien méritée.* Ces paroles, Messieurs, honoraient encore moins le monarque qu'elles ne flétrissaient

dans le *quelqu'un*, que je regrette de ne pouvoir désigner autrement, ces vils courtisans, dont toute la vie se passe à épier les faiblesses, les mauvaises passions de leurs maîtres, afin de s'en faire le marchepied qui doit les conduire aux honneurs et à la fortune!

A peine de retour en Europe, Fourier fut nommé (le 2 janvier 1802) préfet du département de l'Isère. L'ancien Dauphiné était alors en proie à des dissensions politiques ardentes. Les républicains, les partisans de l'émigration, ceux qui s'étaient rangés sous les bannières du gouvernement consulaire, formaient autant de castes distinctes entre lesquelles tout rapprochement semblait impossible. Eh bien! Messieurs, l'impossible, Fourier l'opéra. Son premier soin fut de faire considérer l'hôtel de la préfecture comme un terrain neutre, où chacun pouvait se montrer sans même l'apparence d'une concession. La seule curiosité, d'abord, y amena la foule; mais la foule revint, car, en France, elle déserte rarement les salons où l'on trouve un hôte poli, bienveillant, spirituel sans fatuité et savant sans pédanterie. Ce qu'on avait divulgué des opinions de notre confrère sur l'antibiblique ancienneté des monuments égyptiens inspirait surtout de vives appréhensions au parti religieux; on lui apprit adroitement que le nouveau préfet comptait *un saint* dans sa famille; que le *bienheureux* Pierre Fourier, instituteur des religieuses de la congrégation de Notre-Dame, était son grand-oncle, et cette circonstance opéra un rapprochement que l'inébranlable respect du premier magistrat de Grenoble pour toutes les opinions consciencieuses cimenta chaque jour davantage.

Dès qu'il fut assuré d'une trêve avec les partis politiques et religieux, Fourier put se livrer sans réserve aux devoirs de

sa place. Ces devoirs, il ne les faisait pas seulement consister à entasser sans mesure et sans profit, paperasse sur paperasse. Il prenait une connaissance personnelle des projets qui lui étaient soumis; il se faisait le promoteur infatigable de tous ceux que des préjugés cherchaient à étouffer dans leur germe. On doit ranger dans cette dernière classe la superbe route de Grenoble à Turin par le mont Genèvre, que les événements de 1814 sont venus si malheureusement interrompre, et surtout le desséchement des marais de Bourgoin.

Ces marais, que Louis XIV avait donnés au maréchal de Turenne, étaient un foyer d'infection pour les trente-sept communes dont ils couvraient en partie le territoire. Fourier dirigea personnellement les opérations topographiques qui établirent la possibilité du desséchement. Ces documents à la main, il alla de village en village, je dirais presque de maison en maison, régler le sacrifice que chaque famille devait s'imposer dans l'intérêt général. A force de ménagements, de tact, de patience, «*en prenant l'épi dans son sens et jamais à rebours*» trente-sept conseils municipaux furent amenés à souscrire une transaction commune, sans laquelle l'opération projetée n'aurait pas même pu avoir un commencement d'exécution. Le succès couronna cette rare persévérance. De riches moissons, de gras pâturages, de nombreux troupeaux, une population forte et heureuse couvrent aujourd'hui un immense territoire, où jadis le voyageur n'osait pas s'arrêter seulement quelques heures.

Un des prédécesseurs de Fourier dans la charge de secrétaire perpétuel de l'Académie, crut un jour devoir s'excuser d'avoir rendu un compte détaillé de certaines recherches de Leibnitz qui n'avaient point exigé de grands efforts d'intel-

ligence : « On doit être, disait-il, fort obligé à un homme tel « que lui, quand il veut bien, pour l'utilité publique, faire quel- « que chose qui ne soit pas de génie ! » Je n'ai pas à concevoir de pareils scrupules : aujourd'hui les sciences sont envisagées de trop haut pour qu'on puisse hésiter à placer au premier rang des travaux dont elles s'honorent, ceux qui répandent l'aisance, la santé, le bonheur au sein des populations ouvrières.

En présence d'une partie de l'Académie des inscriptions; dans une enceinte où le nom d'hiéroglyphe a si souvent retenti, je ne puis pas me dispenser de dire le service que Fourier rendit aux sciences en leur conservant Champollion. Le jeune professeur d'histoire à la faculté des lettres de Grenoble vient d'atteindre 20 ans. Le sort l'appelle à prendre le mousquet. Fourier l'exempte en s'appuyant sur le titre d'élève de l'École des langues orientales que Champollion avait eu à Paris. Le ministère de la guerre apprend que l'élève donna jadis sa démission ; il crie à la fraude, et lance un ordre de départ foudroyant qui semble même interdire l'idée d'une réclamation. Fourier, cependant, ne se décourage point; ses démarches sont habiles et pressantes; il fait, enfin, une peinture si animée du talent précoce de *son jeune ami*, qu'elle arrache au pouvoir un décret d'exemption spécial. Il n'était pas facile, Messieurs, d'obtenir de pareils succès. A la même époque, un conscrit, *membre de notre Académie,* ne parvenait à faire révoquer son ordre de départ, qu'en déclarant qu'il suivrait à pied et en costume de l'Institut, le contingent de l'arrondissement de Paris dans lequel il se trouvait classé.

Les travaux administratifs du préfet de l'Isère interrompirent à peine les méditations du littérateur et du géomètre.

C'est de Grenoble que datent les principaux écrits de Fourier; c'est à Grenoble qu'il composa la *Théorie mathématique de la chaleur*, son principal titre à la reconnaissance du monde savant.

Je suis loin de m'aveugler sur la difficulté d'analyser clairement ce bel ouvrage, et, toutefois, je vais essayer de marquer un à un les pas qu'il a fait faire à la science. Vous m'écouterez, Messieurs, avec indulgence, malgré plusieurs détails minutieusement techniques, puisque je remplis le mandat dont vous m'avez honoré.

Les peuples anciens avaient, pour le merveilleux, un goût, disons mieux, une passion qui leur faisait oublier jusqu'aux devoirs sacrés de la reconnaissance. Voyez-les, par exemple, groupant en un seul faisceau les hauts faits d'un grand nombre de héros dont ils n'ont pas même daigné conserver les noms, et en doter le seul personnage d'Hercule. La suite des siècles ne nous a pas rendus plus sages. Le public, à notre époque, mêle aussi avec délices la fable à l'histoire. Dans toutes les carrières, dans celle des sciences surtout, il se complaît à créer des Hercules. Aux yeux du vulgaire, il n'est pas une découverte astronomique qui ne soit due à *Herschel*. La théorie des mouvements planétaires est identifiée avec le nom de *Laplace:* à peine accorde-t-on un léger souvenir aux éminents travaux de d'Alembert, de Clairaut, d'Euler, de Lagrange. *Watt* est le créateur exclusif de la machine à vapeur. *Chaptal* a doté les arts chimiques de l'ensemble des procédés féconds, ingénieux, qui assurent leur prospérité. Dans cette enceinte même, une voix éloquente ne disait-elle pas, naguère, qu'avant Fourier, le phénomène de la chaleur, était à peine étudié; que le célèbre géomètre avait fait, lui seul, plus d'observations que

tous ses devanciers ensemble; qu'inventeur d'une science nouvelle, d'un seul jet il l'avait presque achevée!

Au risque d'être beaucoup moins piquant, l'organe de l'Académie des sciences ne saurait se permettre de pareils élans d'enthousiasme. Il doit se rappeler que ces solennités n'ont pas seulement pour objet de célébrer les découvertes des académiciens; qu'elles sont aussi destinées à féconder le mérite modeste; qu'un observateur, oublié de ses contemporains, est souvent soutenu dans ses veilles laborieuses, par la pensée qu'il obtiendra un regard bienveillant de la postérité. Autant que cela dépend de nous, faisons qu'un espoir aussi juste, aussi naturel, ne soit pas déçu. Accordons un légitime, un éclatant hommage à ces hommes d'élite que la nature a doués du précieux privilége de coordonner mille faits isolés, d'en faire jaillir de séduisantes théories; mais n'oublions pas que la faucille du moissonneur avait coupé les épis avant qu'on pût songer à les réunir en gerbes!

La chaleur se présente dans les phénomènes naturels et dans ceux qui sont le produit de l'art, sous deux formes entièrement distinctes que Fourier a envisagées séparément. J'adopterai la même division, en commençant, toutefois, l'analyse historique que je dois vous soumettre, par la chaleur rayonnante.

Personne ne peut douter qu'il n'y ait une différence physique bien digne d'être étudiée, entre la boule de fer à la température ordinaire qu'on manie à son gré, et la boule de fer, de même dimension, que la flamme d'un fourneau a fortement échauffée, et dont on ne saurait approcher sans se brûler. Cette différence, suivant la plupart des physiciens, provient d'une certaine quantité d'un fluide élastique, impondérable ou du moins impondéré, avec lequel la seconde boule s'était combi-

née dans l'acte de l'échauffement. Le fluide qui, en s'ajoutant aux corps froids, les rend chauds, est désigné par le nom de *chaleur* ou de *calorique*.

Les corps inégalement échauffés, placés en présence, agissent les uns sur les autres, *même à de grandes distances*, *même à travers le vide*, car les plus froids se réchauffent et les plus chauds se refroidissent; car après un certain temps, ils sont au même degré, quelle qu'ait été la différence de leurs températures primitives.

Dans l'hypothèse que nous avons signalée et admise, il n'est qu'une manière de concevoir cette action à distance : c'est de supposer qu'elle s'opère à l'aide de certains effluves qui traversent l'espace en allant du corps chaud au corps froid; c'est d'admettre qu'un corps chaud lance autour de lui des rayons de chaleur, comme les corps lumineux lancent des rayons de lumière.

Les effluves, les émanations rayonnantes à l'aide desquelles deux corps éloignés l'un de l'autre se mettent en communication calorifique, ont été très-convenablement désignés sous le nom de *calorique rayonnant*.

Le calorique rayonnant avait déjà été, quoi qu'on en ait dit, l'objet d'importantes expériences, avant les travaux de Fourier. Les célèbres académiciens *del Cimento* trouvaient, il y a près de deux siècles, que ce calorique se réfléchit comme la lumière; qu'ainsi que la lumière, un miroir concave le concentre à son foyer. En substituant des boules de neige à des corps échauffés, ils allèrent même jusqu'à prouver qu'on peut former des foyers frigorifiques par voie de réflexion.

Quelques années après, *Mariotte*, membre de cette Académie, découvrit qu'il existe différentes natures de calorique

rayonnant; que celui dont les rayons solaires sont accompagnés, traverse tous les milieux diaphanes aussi facilement que le fait la lumière; tandis que le calorique qui émane d'une matière fortement échauffée, mais encore obscure; tandis que les rayons de calorique, qui se trouvent mêlés aux rayons lumineux d'un corps médiocrement incandescent, sont arrêtés presque en totalité dans leur trajet au travers de la lame de verre la plus transparente!

Cette remarquable découverte, pour le dire en passant, montra combien avaient été heureusement inspirés, malgré les railleries de prétendus savants, les ouvriers fondeurs qui, de temps immémorial, ne regardaient la matière incandescente de leurs fourneaux qu'à travers un verre de vitre ordinaire, croyant, à l'aide de cet artifice, arrêter seulement la chaleur qui eût brûlé leurs yeux.

Dans les sciences expérimentales, les époques de brillants progrès sont presque toujours séparées par de longs intervalles d'un repos à peu près absolu. Ainsi, après *Mariotte*, il s'écoule plus d'un siècle sans que l'histoire ait à enregistrer aucune nouvelle propriété du calorique rayonnant. Ensuite, et coup sur coup, on trouve dans la lumière solaire, des rayons calorifiques obscurs dont l'existence ne saurait être constatée qu'avec le thermomètre, et qui peuvent être complétement séparés des rayons lumineux à l'aide du prisme; on découvre, à l'égard des corps terrestres, que l'émission des rayons calorifiques, et, conséquemment, que le refroidissement de ces corps est considérablement ralenti par le poli des surfaces; que la couleur, la nature et l'épaisseur des enduits dont ces mêmes surfaces peuvent être revêtues, exercent aussi une influence manifeste sur leur pouvoir émissif; l'expérience, enfin, rectifiant les vagues

prévisions auxquelles les esprits les plus éclairés s'abandonnent eux-mêmes avec tant d'étourderie, montre que les rayons calorifiques qui s'élancent de la paroi plane d'un corps échauffé, n'ont pas la même force, la même intensité dans toutes les directions; que le *maximum* correspond à l'émission perpendiculaire, et le *minimum* aux émissions parallèles à la surface.

Entre ces deux positions extrêmes, comment s'opère l'affaiblissement du pouvoir émissif? *Leslie* chercha, le premier, la solution de cette question importante. Ses observations semblèrent prouver que les intensités des rayons sortants sont proportionnelles (il faut bien, Messieurs, que j'emploie l'expression scientifique), sont proportionnelles aux *sinus* des angles que forment ces rayons avec la surface échauffée; mais les quantités sur lesquelles on avait dû expérimenter étaient trop faibles; les incertitudes des appréciations thermométriques comparées à l'effet total étaient, au contraire, trop grandes, pour ne pas commander une extrême défiance; eh bien! Messieurs, un problème devant lequel tous les procédés, tous les instruments de la physique moderne étaient restés impuissants, *Fourier* l'a complétement résolu, sans avoir besoin de tenter aucune expérience nouvelle. La loi cherchée de l'émission du calorique, il l'a trouvée, avec une perspicacité qu'on ne saurait assez admirer, dans les phénomènes de température les plus ordinaires, dans des phénomènes qui, de prime abord, semblent devoir en être tout à fait indépendants.

Tel est le privilége du génie : il aperçoit, il saisit des rapports, là où des yeux vulgaires ne voient que des faits isolés.

Personne ne doute, et d'ailleurs l'expérience a prononcé, que dans tous les points d'un espace terminé par une enve-

loppe quelconque entretenue à une température constante, on ne doive éprouver une température constante aussi, et précisement celle de l'enveloppe. Or, Fourier a établi que si les rayons calorifiques émis avaient une égale intensité dans toutes les directions; que si même cette intensité ne variait proportionnellement au sinus de l'angle d'émission, la température d'un corps situé dans l'enceinte, dépendrait de la place qu'il y occuperait : que la *température de l'eau bouillante ou celle du fer fondant*, *par exemple*, *existeraient en certains points d'une enveloppe creuse de glace !!* Dans le vaste domaine des sciences physiques, on ne trouverait pas une application plus piquante, de la célèbre *méthode de réduction à l'absurde* dont les anciens mathématiciens faisaient usage pour démontrer les vérités abstraites de la géométrie.

Je ne quitterai pas cette première partie des travaux de Fourier, sans ajouter qu'il ne s'est point contenté de démontrer, avec tant de bonheur, la loi remarquable qui lie les intensités comparatives des rayons calorifiques émanés, sous toute sorte d'angles, de la surface des corps échauffés; il a cherché, de plus, la cause physique de cette loi; il l'a trouvée dans une circonstance que ses prédécesseurs avaient entièrement négligée. Supposons, a-t-il dit, que les corps émettent de la chaleur, non-seulement par leurs molécules superficielles, mais encore par des points intérieurs. Admettons, de plus, que la chaleur de ces derniers points ne puisse arriver à la surface en traversant une certaine épaisseur de matière, sans éprouver quelque absorption. Ces deux hypothèses, Fourier les traduit en calcul et il en fait surgir mathématiquement la loi expérimentale du sinus. Après avoir

O 2

résisté à une épreuve aussi radicale, les deux hypothèses se trouvaient complétement justifiées ; elles sont devenues des lois de la nature ; elles signalent dans le calorique, des propriétés cachées qui pouvaient seulement être aperçues par les yeux de l'esprit.

Dans la seconde question traitée par Fourier, la chaleur se présente sous une nouvelle forme. Il y a plus de difficulté à suivre ses mouvements, mais aussi les conséquences de la théorie sont plus générales, plus importantes.

La chaleur excitée, concentrée en un certain point d'un corps solide, se communique, par voie de conducibilité, d'abord aux particules les plus voisines du point échauffé, ensuite, de proche en proche, à toutes les régions du corps. De là le problème dont voici l'énoncé :

Par quelles routes et avec quelles vitesses s'effectue la propagation de la chaleur, dans des corps de forme et de nature diverses, soumis à certaines conditions initiales?

Au fond, l'Académie des sciences avait déjà proposé ce problème, comme sujet de prix, dès l'année 1736. Alors les termes de chaleur et de calorique n'étant pas en usage, elle demanda *l'étude de la nature et de la propagation* DU FEU ! Le mot *feu* jeté ainsi dans le programme sans autre explication, donna lieu à la plus étrange méprise. La plupart des physiciens imaginèrent qu'il s'agissait d'expliquer de quelle manière *l'incendie* se communique et grandit, dans un amas de matières combustibles. Quinze concurrents se présentèrent; *trois* furent couronnés.

Ce concours donna peu de résultats. Toutefois, une singulière réunion de circonstances et de noms propres en rendra le souvenir durable.

Le public n'eut-il pas le droit de s'étonner, en lisant cette déclaration académique : « La question ne donne presque « aucune prise à la géométrie! » En matière d'inventions, tenter de faire la part de l'avenir, c'est se préparer d'éclatants mécomptes. Un des concurrents, le grand *Euler,* prit cependant ces paroles à la lettre. Les rêveries dont son mémoire fourmille ne sont rachetées, cette fois, par aucune de ces brillantes découvertes d'analyse, j'ai présque dit de ces sublimes inspirations qui lui étaient si familières. Heureusement Euler joignit à son mémoire un supplément vraiment digne de lui. Le père *Lozeran de Fiesc* et le comte de *Créqui*, obtinrent l'honneur insigne de voir leurs noms inscrits à côté de celui de l'illustre géomètre, sans qu'il soit possible aujourd'hui d'apercevoir dans leurs mémoires, aucune espèce de mérite, pas même celui de la politesse, car l'homme de cour dit rudement à l'Académie : « La question que vous avez soulevée n'intéresse que la curiosité des hommes. »

Parmi les concurrents, moins favorablement traités, nous apercevons l'un des plus grands écrivains que la France ait produits : l'auteur de la Henriade. Le mémoire de *Voltaire* était sans doute loin de résoudre le problème proposé; mais il brillait, du moins, par l'élégance, la clarté, la précision du langage; j'ajouterai par une argumentation sévère, car si l'auteur, parfois, arrive à des résultats contestables, c'est seulement quand il emprunte de fausses données à la chimie et à la physique de l'époque, sciences qui venaient à peine de naître. Au surplus, la couleur *anticartésienne* de quelques articles du mémoire de *Voltaire* devait trouver peu de faveur dans une compagnie où le *cartésianisme*, escorté de ses insaisissables tourbillons, coulait à pleins bords.

On trouverait plus difficilement les causes qui firent dédaigner le mémoire d'un quatrième concurrent, de madame *la marquise du Châtelet*, car elle aussi était entrée dans la lice ouverte par l'Académie. Le travail d'Émilie n'était pas seulement un élégant tableau de toutes les propriétés de la chaleur connues alors des physiciens; on y remarquait encore divers projets d'expériences, un, entre autres, qu'*Herschel* a fécondé depuis, et dont il a tiré un des principaux fleurons de sa brillante couronne scientifique.

Pendant que de si grands noms étaient engagés dans ce concours, des physiciens, moins ambitieux, posaient expérimentalement les bases solides d'une future théorie mathématique de la chaleur. Les uns constataient que les mêmes quantités de calorique n'élèvent pas d'un égal nombre de degrés la température de poids égaux de différentes substances, et jetaient par là dans la science l'importante notion de *capacité*. Les autres, à l'aide d'observations non moins certaines, prouvaient que la chaleur appliquée en un point d'une barre, se transmet aux parties éloignées, avec plus ou moins de vitesse ou d'intensité, suivant la nature de la matière dont la barre est formée : ils faisaient naître ainsi les premières idées de *conducibilité*. La même époque, si de trop grands détails ne m'étaient interdits, nous présenterait d'intéressantes expériences sur une loi de refroidissement admise hypothétiquement par *Newton*. Nous verrions qu'il n'est point vrai qu'à tous les degrés du thermomètre, la perte de chaleur d'un corps soit proportionnelle à l'excès de sa température sur celle du milieu dans lequel il est plongé; mais j'ai hâte de vous montrer la géométrie pénétrant, timidement d'abord, dans les questions de propagation de la

chaleur et y déposant les premiers germes de ses méthodes fécondes.

C'est à Lambert de Mulhouse qu'est dû ce premier pas. Cet ingénieux géomètre s'était proposé un problème très-simple dont tout le monde peut comprendre le sens.

Une barre métallique mince est exposée, par l'une de ses extrémités, à l'action constante et durable d'un certain foyer de chaleur. Les parties voisines du foyer sont échauffées les premières. De proche en proche la chaleur se communique aux portions éloignées, et après un temps assez court, chaque point se trouve avoir acquis le maximum de température auquel il puisse jamais atteindre. L'expérience durerait ensuite cent ans, que l'état thermométrique de la barre n'en serait pas modifié.

Comme de raison, ce maximum de chaleur est d'autant moins fort que l'on s'éloigne davantage du foyer. Y a-t-il quelque rapport entre les températures finales, et les distances des divers points de la barre à l'extrémité directement échauffée? Ce rapport existe; il est très-simple; Lambert le chercha par le calcul, et l'expérience confirma les résultats de la théorie.

A côté de la question, en quelque sorte élémentaire, de la propagation *longitudinale* de la chaleur, traitée par Lambert, venait se placer le problème plus général, mais aussi beaucoup plus difficile, de cette même propagation dans un corps à trois dimensions terminé par une surface quelconque. Ce problème exigeait le secours de la plus haute analyse. C'est Fourier qui, le premier, l'a mis en équation; c'est à Fourier, aussi, que sont dus certains théorèmes à l'aide desquels on peut remonter des équations différentielles aux intégrales,

et pousser les solutions, dans la plupart des cas, jusqu'aux dernières applications numériques.

Le premier mémoire de Fourier sur la théorie de la chaleur remonte à 1807. L'Académie, à laquelle il avait été soumis, voulant engager l'auteur à l'étendre et à le perfectionner, fit de la question de la propagation de la chaleur, le sujet du grand prix de mathématiques qu'elle devait décerner au commencement de 1812. Fourier concourut, en effet, et sa pièce fut couronnée. Mais, hélas! comme le disait Fontenelle, « dans le pays même des démonstrations, on trouve encore le moyen de se diviser. » Quelques restrictions se mêlèrent au jugement favorable de l'Académie. Les illustres commissaires du prix, Laplace, Lagrange, Legendre, tout en proclamant la nouveauté et l'importance du sujet; tout en déclarant que les véritables équations différentielles de la propagation de la chaleur étaient enfin trouvées, disaient qu'ils apercevaient des difficultés dans la manière dont l'auteur y parvenait. Ils ajoutèrent que ses moyens d'intégration laissaient quelque chose à désirer, même du côté de la rigueur, sans toutefois appuyer leur opinion d'aucune espèce de développement.

Fourier n'a jamais adhéré à ces arrêts. A la fin de sa vie, il a même montré d'une manière bien manifeste qu'il les croyait injustes, puisqu'il a fait imprimer sa pièce de prix dans nos volumes, sans y changer un seul mot. Néanmoins, les doutes exprimés par les commissaires de l'Académie lui revenaient sans cesse à la mémoire. A l'origine, ils avaient déjà empoisonné chez lui le plaisir du triomphe. Ces premières impressions ajoutées à une grande susceptibilité, expliquent comment Fourier finit par voir avec un certain

déplaisir les efforts des géomètres qui tentaient de perfectionner sa théorie. C'est là, Messieurs, une bien étrange aberration dans un esprit aussi élevé! Il fallait que notre confrère eût oublié qu'il n'est donné à personne de conduire une question scientifique à son terme, et que les grands travaux sur le système du monde, des d'Alembert, des Clairaut, des Euler, des Lagrange, des Laplace, tout en immortalisant leurs auteurs, ont sans cesse ajouté de nouveaux rayons à la gloire impérissable de Newton.

Tâchons que cet exemple ne soit pas perdu. Lorsque la loi civile impose aux tribunaux le devoir de motiver *leurs jugements*, les académies, qui sont les tribunaux de la science, n'auraient pas même un prétexte pour s'affranchir de cette règle. Par le temps qui court, les corps, aussi bien que les particuliers, font sagement quand ils ne comptent, en toute chose, que sur l'autorité de la raison.

Dans tous les temps, la *Théorie mathématique* de la chaleur aurait excité un vif intérêt parmi les hommes réfléchis, puisqu'en la supposant complète, elle éclairerait les plus minutieux procédés des arts. De nos jours, ses nombreux points de contact avec les curieuses découvertes des géologues, en ont fait, j'oserai dire, une œuvre de circonstance. Signaler la liaison intime de ces deux genres de recherches ce sera présenter le côté le plus important des découvertes de Fourier, et montrer combien notre confrère, par une de ces inspirations réservées au génie, avait heureusement choisi le sujet de ses méditations.

Les parties de l'écorce minérale du globe, que les géologues appellent les terrains de sédiment, n'ont pas été formées d'un seul jet. Les eaux couvrirent anciennement à plusieurs

reprises, des régions situées aujourd'hui au centre des continents. Elles y déposèrent, par minces couches horizontales, diverses natures de roches. Ces roches, quoique immédiatement superposées entre elles, comme le sont les assises d'un mur, ne doivent pas être confondues ; leurs différences frappent les yeux les moins exercés. Il faut même noter cette circonstance capitale, que chaque terrain a une limite nette, parfaitement tranchée; qu'aucune transition ne le lie au terrain différent qu'il supporte. L'Océan, source première de ces dépôts, éprouvait donc jadis, dans sa composition chimique, d'énormes changements auxquels il n'est plus sujet aujourd'hui.

A part quelques rares exceptions, résultats de convulsions locales dont les effets sont d'ailleurs manifestes, l'ordre relatif d'ancienneté des lits pierreux qui forment la croûte extérieure du globe, doit être celui de leur superposition. Les plus profonds ont été les plus anciennement produits. L'étude attentive de ces diverses enveloppes peut nous aider à remonter la chaîne des temps jusque par delà les époques les plus reculées, et nous éclairer sur le caractère des révolutions épouvantables qui, périodiquement, ensevelissaient les continents au sein des eaux ou les remettaient à sec.

Les roches cristallines granitiques sur lesquelles la mer a opéré ses premiers dépôts, n'ont jamais offert aucun vestige d'être vivant. Ces vestiges, on ne les trouve que dans les terrains sédimenteux.

C'est par les végétaux que la vie paraît avoir commencé sur le globe. Des débris de végétaux sont tout ce que l'on rencontre dans les plus anciennes couches déposées par les eaux; encore appartiennent-ils aux plantes de la compo-

sition la plus simple : à des fougères, à des espèces de joncs, à des lycopodes.

La végétation devient de plus en plus composée dans les terrains supérieurs. Enfin, près de la surface, elle est comparable à la végétation des continents actuels, avec cette circonstance, cependant, bien digne d'attention, que certains végétaux qui vivent seulement dans le Midi; que les grands palmiers, par exemple, se trouvent, à l'état fossile, sous toutes les latitudes et au centre même des régions glacées de la Sibérie.

Dans le monde primitif, ces régions hyperboréennes jouissaient donc, en hiver, d'une température au moins égale à celle qu'on éprouve maintenant sous les parallèles où les grands palmiers commencent à se montrer : à Tobolsk, on avait le climat d'Alicante ou d'Alger!

Nous ferons jaillir de nouvelles preuves à l'appui de ce mystérieux résultat, d'un examen attentif de la taille des végétaux.

Il existe aujourd'hui des prêles ou joncs marécageux, des fougères et des lycopodes, tout aussi bien en Europe que dans les régions équinoxiales; mais on ne les rencontre avec de grandes dimensions que dans les climats chauds. Ainsi, mettre en regard les dimensions des mêmes plantes, c'est vraiment comparer, sous le rapport de la température, les régions où elles se sont développées. Eh bien! placez à côté des plantes fossiles de nos terrains houillers, je ne dirai pas les plantes européennes analogues, mais celles qui couvrent les contrées de l'Amérique méridionale les plus célèbres par la richesse de leur végétation, et vous trouverez les premières incomparablement plus grandes que les autres.

Les *flores fossiles* de la France, de l'Angleterre, de l'Allema-

gne, de la Scandinavie, offrent, par exemple, des fougères de 15 mètres de haut, et dont les tiges (des tiges de fougères!) avaient jusqu'à 1 mètre de diamètre, ou 3 mètres de tour.

Les lycopodiacées qui, aujourd'hui, dans les pays froids ou tempérés, sont des plantes rampantes s'élevant à peine d'un décimètre au-dessus du sol; qui, à l'équateur même, au milieu des circonstances les plus favorables, ne montent pas à plus d'*un* mètre, avaient en Europe, dans le monde primitif, jusqu'à 25 mètres de hauteur.

Il faudrait être aveugle pour ne point trouver dans ces énormes dimensions, une nouvelle preuve de la haute température dont jouissait notre pays avant les dernières irruptions de l'Océan!

L'étude des *animaux fossiles* n'est pas moins féconde. Je m'écarterais de mon sujet, si j'examinais ici comment l'organisation animale s'est développée sur la terre; quelles modifications, ou, plus exactement, quelles complications elle a éprouvées après chaque cataclysme; si même je m'arrêtais à décrire une de ces antiques époques pendant lesquelles la terre, la mer et l'atmosphère n'avaient pour habitants que des reptiles à sang froid de dimensions énormes; des tortues à carapaces de 3 mètres de diamètre; des lézards de 17 mètres de long; des *ptérodactyles*, véritables dragons volants aux formes si bizarres, qu'on a pu vouloir, d'après des arguments d'une valeur réelle, les placer tour à tour, parmi les reptiles, parmi les mammifères ou parmi les oiseaux, etc. Le but que je me propose n'exige pas d'aussi grands détails; une seule remarque suffira :

Parmi les ossements que renferment les terrains les plus voisins de la surface actuelle du globe, il y en a d'hippopotame,

de rhinocéros, d'éléphant. Ces restes d'animaux des pays chauds, existent sous toutes les latitudes. Les voyageurs en ont même découvert à l'*île Melville*, où la température descend aujourd'hui jusqu'à 50° au-dessous de zéro. En Sibérie, on les trouve en si grande abondance, que le commerce s'en est emparé. Enfin, sur les falaises dont la mer glaciale est bordée, ce ne sont plus des fragments de squelette qu'on rencontre, mais des éléphants tout entiers, recouverts encore de leur chair et de leur peau.

Je me tromperais fort, Messieurs, si chacun de vous n'avait pas tiré de ces faits remarquables une conséquence très-remarquable aussi, à laquelle, au surplus, la flore fossile nous avait habitués : c'est qu'en vieillissant, les régions polaires de notre globe éprouvèrent un refroidissement prodigieux.

Dans l'explication d'un aussi curieux phénomène, les cosmologues n'assignent aucune part à des variations possibles dans l'intensité du soleil ; et, cependant, les étoiles, ces soleils éloignés, n'ont pas la constance d'éclat que le vulgaire leur attribue ; et quelques-unes, dans un espace de temps assez court, se sont trouvées réduites à la centième partie de leur intensité primitive; et plusieurs ont même totalement disparu. On a preféré tout attribuer à une chaleur propre ou d'origine, dont la terre aurait été jadis imprégnée, et qui se serait graduellement dissipée.

Dans cette hypothèse, les terres polaires ont pu évidemment jouir, à des époques très-anciennes, d'une température égale à celle des régions équatoriales où vivent aujourd'hui les éléphants, tout en restant privées, pendant des mois entiers, de la vue du soleil.

Ce n'est pas, au reste, comme explication de l'existence

des éléphants en Sibérie, que l'idée de la chaleur propre du globe a pénétré, pour la première fois, dans la science. Quelques savants l'avaient adoptée avant la découverte d'aucun de ces animaux fossiles. Ainsi, *Descartes* croyait qu'à l'origine (je cite ses propres expressions), *la terre ne différait en rien du soleil, sinon qu'elle était plus petite*. Il faudrait donc la considérer comme un soleil éteint. *Leibnitz* fit à cette hypothèse l'honneur de se l'approprier. Il essaya d'en déduire le mode de formation des diverses enveloppes solides dont notre globe se compose. Buffon lui donna aussi le poids de son éloquente autorité. On sait que d'après ce grand naturaliste, les planètes de notre système seraient de simples parcelles du soleil qu'un choc de comète en aurait détachées, il y a quelques milliers d'années.

A l'appui de cette origine ignée de notre globe, *Mairan* et *Buffon* citaient déjà les hautes températures des mines profondes, et entre autres, celle des mines de *Giromagny*. Il semble évident que si la terre a été jadis incandescente, on ne saurait manquer de rencontrer dans les couches intérieures, c'est-à-dire, dans celles qui ont dû se refroidir les dernières, des traces de leur température primitive. L'observateur qui, en pénétrant dans la terre, n'y trouverait pas une chaleur croissante, pourrait donc se croire amplement autorisé à rejeter les conceptions hypothétiques de *Descartes*, de *Leibnitz*, de *Mairan*, de *Buffon*. Mais la proposition inverse a-t-elle la même certitude? Les torrents de chaleur que le soleil lance depuis tant de siècles n'auraient-ils pas pu se distribuer dans la masse de la terre, de manière à y produire des températures croissantes avec la profondeur? C'est là une question capitale. Certains esprits, faciles à satis-

faire, croyaient consciencieusement l'avoir résolue, après avoir dit que l'idée d'une température constante était de beaucoup *la plus naturelle;* mais malheur aux sciences si elles rangeaient ainsi des considérations vagues et qui échappent à toute critique, au nombre des motifs d'admettre ou de rejeter les faits et les théories! Fontenelle, Messieurs, aurait tracé leur horoscope dans ces paroles, bien faites pour humilier notre orgueil, et dont, cependant, l'histoire des découvertes dévoile en mille endroits la vérité : « Quand une « chose peut être de deux façons, elle est presque toujours de « celle qui nous semblait d'abord la moins naturelle. »

Quelle que soit l'importance de ces réflexions, je m'empresse d'ajouter qu'aux arguments sans valeur réelle de ses devanciers, Fourier a substitué des preuves, des démonstrations, et l'on sait ce que de pareils termes signifient à l'Académie des sciences.

Dans tous les lieux de la terre, dès qu'on est descendu à une certaine profondeur, le thermomètre n'éprouve plus de variation diurne, ni de variation annuelle. Il marque le même degré et la même fraction de degré, pendant toute la durée d'une année, et pendant toutes les années. Voilà le fait; que dit la théorie?

Supposez, un moment, que la terre ait constamment reçu toute la chaleur du soleil. Pénétrez dans sa masse d'une quantité suffisante, et vous trouverez avec Fourier, à l'aide du calcul, une température constante pour toutes les époques de l'année. Vous reconnaîtrez de plus que cette température solaire des couches inférieures varie d'un climat à l'autre; que dans chaque pays, enfin, elle doit être toujours la

même, tant qu'on ne s'enfonce pas de quantités fort grandes relativement au rayon du globe. Eh bien! les phénomènes naturels sont en contradiction manifeste avec ce résultat. Les observations faites dans une multitude de mines; les observations de la température de l'eau de fontaines jaillissantes venant de différentes profondeurs, ont toutes donné un accroissement d'*un* degré centigrade pour 20 ou 30 mètres d'enfoncement. Ainsi, il y avait quelque chose d'inexact dans l'hypothèse que nous discutions sur les pas de notre confrère. Il n'est pas vrai que les phénomènes de température des couches terrestres puissent être attribués à la seule action des rayons solaires. Cela bien établi, l'accroissement de chaleur qui s'observe sous tous les climats, quand on pénètre dans l'intérieur du globe, est l'indice manifeste d'une chaleur propre. La terre, comme le voulaient *Descartes* et *Leibnitz,* mais sans pouvoir s'appuyer sur aucun argument démonstratif, devient définitivement, grâce au concours des observations des physiciens et des calculs analytiques de *Fourier,* un *soleil encroûté,* dont la haute température pourra être hardiment invoquée toutes les fois que l'explication des anciens phénomènes géologiques l'exigera.

Après avoir établi qu'il y a dans notre terre une chaleur propre, une chaleur dont la source n'est pas le soleil, et qui, si l'on en juge par les accroissements rapides que donnent les observations, doit être déjà assez forte, à la petite profondeur de 7 à 8 lieues, pour tenir toutes les matières connues en fusion, il se présente la question de savoir quelle est sa valeur exacte à la surface du globe; quelle part il faut lui faire dans l'évaluation des températures terrestres; quel rôle elle joue dans les phénomènes de la vie.

Suivant *Mairan, Buffon, Bailly,* ce rôle serait immense. Pour la France, ils évaluent la chaleur qui s'échappe de l'intérieur de la terre, à 29 fois en été et à 400 fois en hiver, celle qui nous vient du soleil. Ainsi, contre le sentiment général, la chaleur de l'astre qui nous éclaire ne formerait qu'une très-petite partie de celle dont nous ressentons l'heureuse influence.

Cette idée a été développée avec habileté et une grande éloquence, dans les *Mémoires de l'Académie,* dans les *Époques de la nature de Buffon,* dans les lettres de *Bailly à Voltaire sur l'Origine des sciences* et sur l'*Atlantide.* Mais l'ingénieux roman auquel elle sert de base s'est dissipé comme une ombre devant le flambeau des mathématiques.

Fourier ayant découvert que l'*excès* de la température totale de la surface terrestre sur celle qui résulterait de la seule action des rayons solaires, a une relation nécessaire et déterminée avec l'accroissement des températures à différentes profondeurs, a pu déduire de la valeur expérimentale de cet accroissement, une détermination numérique de l'excès en question. Cet excès est l'effet thermométrique que la chaleur centrale produit à la surface; or, au lieu des grands nombres adoptés par *Mairan, Bailly, Buffon,* qu'a trouvé notre confrère? *un trentième* de degré, pas davantage.

La surface du globe qui, à l'origine des choses, était peut-être incandescente, s'est donc refroidie dans le cours des siècles, de manière à conserver à peine une trace sensible de sa température primitive. Cependant, à de grandes profondeurs, la chaleur d'origine est encore énorme. Le temps altérera notablement les températures intérieures; mais à la

surface, (et les phénomènes de la surface sont les seuls qui puissent modifier ou compromettre l'existence des êtres vivants), tous les changements sont à fort peu près accomplis. L'affreuse congélation du globe, dont *Buffon* fixait l'époque au moment où la chaleur centrale se sera totalement dissipée, est donc un pur rêve. A l'extérieur, la terre n'est plus imprégnée que de chaleur solaire. Tant que le soleil conservera le même éclat, les hommes, d'un pôle à l'autre, retrouveront sous chaque latitude, les climats qui leur ont permis d'y vivre et de s'y établir.

Ce sont là, Messieurs, de grands, de magnifiques résultats. En les consignant dans les annales de la science, les historiens ne négligeront pas de signaler cette particularité singulière, que le géomètre à qui l'on dut la première démonstration certaine de l'existence, au sein de notre globe, d'une chaleur indépendante de l'action solaire, a réduit au néant le rôle immense qu'on faisait jouer à cette chaleur d'origine, dans l'explication des phénomènes de température terrestre.

Au mérite d'avoir débarrassé la théorie des climats, d'une erreur qui restait debout, appuyée sur l'imposante autorité de *Mairan*, de *Bailly*, de *Buffon*, Fourier a joint un mérite plus éclatant encore : il a introduit, dans cette théorie, une considération totalement négligée jusqu'à lui ; il a signalé le rôle que doit y jouer *la température de ces espaces célestes*, au milieu desquels la terre décrit autour du soleil son orbe immense.

En voyant, même sous l'équateur, certaines montagnes couvertes de neiges éternelles ; en observant le décroissement rapide de température des couches de l'atmosphère, pendant

les ascensions aérostatiques, les météorologistes avaient cru que dans les régions d'où l'extrême rareté de l'air tiendra toujours les hommes éloignés, et surtout qu'en dehors de l'atmosphère, il doit régner des froids prodigieux. Ce n'était pas seulement par centaines, c'était par milliers de degrés qu'ils les eussent volontiers mesurés. Mais, comme d'habitude, l'imagination, *cette folle du logis,* avait dépassé toutes les bornes. Les centaines, les milliers de degrés, sont devenus, après l'examen rigide de Fourier, 50 à 60 degrés seulement. 50 à 60 degrés *au-dessous de zéro*, telle est la température que le rayonnement stellaire entretient dans les espaces indéfinis, sillonnés par les planètes de notre système.

Vous vous rappelez tous, Messieurs, avec quelle prédilection *Fourier* nous entretenait de ce résultat. Vous savez combien il se croyait assuré d'avoir assigné la température de l'espace à 8 ou 10 degrés près. Par quelle fatalité le mémoire, où, sans doute, notre confrère avait consigné tous les éléments de cette importante détermination, ne s'est-il pas retrouvé? Puisse cette perte irréparable prouver, du moins, à tant d'observateurs, qu'au lieu de poursuivre obstinément une perfection idéale qu'il n'est pas donné à l'homme d'atteindre, ils feront sagement de mettre le public, le plus tôt possible, dans la confidence de leurs travaux.

J'aurais encore une longue carrière à parcourir, si, après avoir signalé quelques-uns des problèmes dont l'état des sciences a permis à notre savant confrère de donner des solutions numériques, je voulais analyser tous ceux qui, renfermés encore dans des formules générales, n'attendent que les données de l'expérience pour prendre rang parmi les plus curieuses acquisitions de la physique moderne. Le

temps dont je puis disposer m'interdit de pareils développements. Je commettrais, cependant, un oubli sans excuse, si je ne disais que parmi les formules de *Fourier*, il en est une, destinée à donner la valeur du refroidissement séculaire du globe, et dans laquelle figure le *nombre de siècles* écoulés depuis l'origine de ce refroidissement. La question, si vivement controversée, de l'ancienneté de notre terre, même en y comprenant sa période d'incandescence, se trouve ainsi ramenée à une détermination thermométrique. Malheureusement ce point de théorie est sujet à des difficultés sérieuses. D'ailleurs la détermination thermométrique, à cause de son excessive petitesse, serait réservée aux siècles à venir.

Je viens de faire passer sous vos yeux les fruits scientifiques des délassements du préfet de l'Isère. Fourier occupait encore cet emploi lorsque Napoléon arriva à Cannes. Sa conduite, pendant cette grave conjoncture, a été l'objet de cent rapports mensongers. J'accomplirai donc un devoir en rétablissant les faits, dans toute leur vérité, d'après ce que j'ai entendu de la bouche même de notre confrère.

A la nouvelle du débarquement de l'Empereur, les principales autorités de Grenoble se réunirent à la préfecture. Là, chacun exposa avec talent, mais surtout, disait *Fourier*, avec beaucoup de détails, les difficultés qu'il entrevoyait. Quant aux moyens de les vaincre, on se montrait beaucoup moins fécond. La confiance dans l'éloquence administrative n'était pas encore usée à cette époque; on se décida donc à recourir aux proclamations. Le général commandant et le préfet présentèrent chacun un projet. L'assemblée en discutait minutieusement les termes, lorsqu'un officier de gendarmerie, ancien soldat des armées impériales, s'écria rudement: Messieurs, dépêchez-vous; sans

cela toute délibération deviendra inutile. Croyez-moi, j'en parle par expérience ; Napoléon suit toujours de bien près les courriers qui l'annoncent. Napoléon arrivait en effet. Après un court moment d'hésitation, deux compagnies de sapeurs qui avaient été détachées pour couper un pont, se réunirent à leur ancien général. Un bataillon d'infanterie suivit bientôt cet exemple. Enfin, sur les glacis mêmes de la place, en présence de la nombreuse population qui couronnait les remparts, le 5me régiment de ligne tout entier, prit la cocarde tricolore, substitua au drapeau blanc, l'aigle témoin de vingt batailles qu'il avait conservé, et partit aux cris de *Vive l'Empereur!* Après un semblable début, essayer de tenir la campagne eût été une folie. Le général Marchand fit donc fermer les portes de la ville. Il espérait encore, malgré les dispositions évidemment hostiles des habitants, pouvoir soutenir un siége en règle, avec le seul secours du 3me régiment du génie, du 4me d'artillerie, et des faibles détachements d'infanterie qui ne l'avaient pas abandonné.

Dès ce moment, l'autorité civile avait disparu. *Fourier* crut donc pouvoir quitter Grenoble et se rendre à Lyon où les princes étaient réunis. A la seconde restauration, ce départ lui fut imputé à crime. Peu s'en fallut qu'il ne l'amenât devant une cour d'assises ou même devant une cour prévôtale. Certains personnages prétendaient que la présence du préfet au chef-lieu de l'Isère aurait pu conjurer l'orage; que la résistance serait devenue plus vive, mieux ordonnée. On oubliait que nulle part, et à Grenoble moins encore que partout ailleurs, on ne put organiser même un simulacre de résistance. Voyons, enfin, comment cette ville de guerre dont la seule présence de Fourier eût, dit-on, prévenu la chute, voyons comment elle fut

prise. Il est huit heures du soir. La population et les soldats garnissent les remparts. Napoléon précède sa petite troupe de quelques pas; il s'avance jusqu'à la porte, il frappe, (rassurez-vous, Messieurs, ce n'est pas une bataille que je vais décrire), *il frappe avec sa tabatière!* — Qui est là? crie l'officier de garde. — C'est l'Empereur! ouvrez! — Sire, mon devoir me le défend. — Ouvrez, vous dis-je; je n'ai pas de temps à perdre. — Mais, sire, lors même que je voudrais vous ouvrir, je ne le pourrais pas : les clefs sont chez le général Marchand. — Allez donc les chercher. — Je suis certain qu'il me les refusera. — Si le général les refuse, *dites-lui que je le destitue!*

Ces dernières paroles pétrifièrent les soldats. Depuis deux jours, des centaines de proclamations désignaient Bonaparte comme une bête fauve, qu'il fallait traquer sans ménagement; elles commandaient à tout le monde de *courir sus*, et cet homme, cependant, menaçait le général de destitution! Le seul mot *destituer* effaça la faible ligne de démarcation qui sépara un instant les vieux soldats des jeunes recrues; un mot plaça la garnison tout entière dans les intérêts de l'Empereur.

Les circonstances de la prise de Grenoble n'étaient pas encore connues, lorsque *Fourier* arriva à Lyon. Il y apportait la nouvelle de la marche rapide de Napoléon; celle de la défection de deux compagnies de sapeurs, d'un bataillon d'infanterie, du régiment commandé par Labédoyère. De plus, il avait été témoin sur toute la route, de la vive sympathie des habitants des campagnes pour le proscrit de l'île d'Elbe.

Le comte d'Artois reçut fort mal le préfet et ses communications. Il déclara que l'arrivée de Napoléon à Grenoble

n'était pas possible; que l'on devait être rassuré sur les dispositions des campagnards. Quant au fait, dit-il à *Fourier,* qui se serait passé en votre présence, aux portes mêmes de la ville; quant à des cocardes tricolores substituées à la cocarde d'Henri IV; quant à des aigles qui auraient remplacé le drapeau blanc, je ne suspecte pas votre bonne foi, mais l'inquiétude vous aura fasciné les yeux. M. le préfet, retournez donc sans retard à Grenoble; vous me répondez de la ville sur votre tête.

Vous le voyez, Messieurs, après avoir si longtemps proclamé la nécessité de dire la vérité aux princes, les moralistes feront sagement d'inviter les princes à vouloir bien l'entendre.

Fourier obéit à l'ordre qu'on venait de lui donner. Les roues de sa voiture avaient à peine fait quelques tours dans la direction de Grenoble, qu'il fut arrêté par des hussards et conduit à Bourgoin, au quartier général. L'Empereur, étendu alors sur une grande carte, un compas à la main, lui dit en le voyant entrer : Eh bien! M. le préfet! vous aussi, vous me déclariez la guerre? — Sire, mes serments m'en faisaient un devoir! — Un devoir, dites-vous? et ne voyez-vous pas qu'en Dauphiné personne n'est de votre avis? n'allez pas, au reste, vous imaginer que votre plan de campagne m'effrayât beaucoup. Je souffrais, seulement, de voir parmi mes adversaires, un *Égyptien*, un homme qui avait mangé avec moi le pain du bivouac, un ancien ami!

Il m'est pénible d'ajouter qu'à ces paroles bienveillantes succédèrent celles-ci : Comment, au surplus, avez-vous pu oublier, M. Fourier, que je vous ai fait tout ce que vous êtes?

Vous regretterez avec moi, Messieurs, qu'une timidité,

que les circonstances expliquaient d'ailleurs si bien, ait empêché notre confrère de protester sur-le-champ, de protester avec force, contre cette confusion que les puissants de la terre veulent sans cesse établir entre les biens périssables dont ils sont les dispensateurs, et les nobles fruits de la pensée. *Fourier* était préfet et baron de par l'Empereur; il était une des gloires de la France de par son propre génie!

Le 9 mars, dans un moment de colère, *Napoléon,* par un décret daté de Grenoble, ordonnait à *Fourier d'évacuer le territoire de la 7e division militaire, dans le délai de cinq jours, sous peine d'être arrêté et traité comme ennemi de la nation!* Le lendemain, notre confrère sortit de la conférence de Bourgoin avec la charge de préfet du Rhône et avec le titre de *Comte,* car l'Empereur en était encore là à son retour de l'île d'Elbe.

Ces témoignages inespérés de faveur et de confiance étaient peu agréables à notre confrère, mais il n'osa pas les refuser, quoiqu'il aperçût bien distinctement l'immense gravité des événements dans lesquels le hasard l'appelait à jouer un rôle.

Que pensez-vous de mon entreprise, lui dit l'Empereur le jour de son départ de Lyon? — Sire, répartit *Fourier,* je crois que vous échouerez. Qu'il se rencontre sur votre route un fanatique, et tout est fini. — Bah! s'écria Napoléon; les Bourbons n'ont personne pour eux, pas même un fanatique. A propos, vous avez lu dans les journaux qu'ils m'ont mis hors de la loi. Je serai plus indulgent, moi : je me contenterai de les mettre hors des Tuileries!

Fourier conserva la préfecture du Rhône, jusqu'au 1er mai seulement. On a dit, on a imprimé qu'il fut révoqué pour

n'avoir pas voulu se rendre complice des actes de terrorisme que lui prescrivait le ministère des cent jours! L'Académie me verra, en toute circonstance, recueillir, enregistrer avec bonheur les actions qui, en honorant ses membres, ajouteront un nouvel éclat à l'illustration du corps entier. Je sens même qu'à cet égard, je pourrais être enclin à quelque peu de crédulité. Cette fois, le plus rigoureux examen m'était commandé. Si *Fourier* s'honorait en refusant d'obéir à certains ordres, que faudrait-il penser du ministre de l'intérieur de qui ces ordres émanaient? Or, ce ministre, je n'ai pas dû l'oublier, était aussi un académicien, illustre par ses services militaires, distingué par ses ouvrages de mathématiques, estimé et chéri de tous ses confrères. Eh bien! je le déclare avec une satisfaction que vous partagerez, Messieurs, les recherches les plus scrupuleuses sur tous les actes des cent jours ne m'ont rien fait entrevoir qui doive affaiblir les sentiments dont vous avez entouré la mémoire de *Carnot*.

En quittant la préfecture du Rhône, *Fourier* vint à Paris. L'Empereur, qui allait partir pour l'armée, l'aperçut dans la foule aux Tuileries, l'accosta amicalement, l'avertit que *Carnot* lui expliquerait pourquoi son remplacement à Lyon était devenu indispensable, et promit de s'occuper de ses intérêts dès que les affaires militaires lui laisseraient quelque loisir. La seconde restauration trouva *Fourier* dans la capitale, sans emploi et justement inquiet sur son avenir. Celui qui, pendant quinze ans, administra un grand département; qui dirigea des travaux si dispendieux; qui, dans l'affaire des marais de Bourgoin, eut à stipuler pour tant de millions, avec les particuliers, les communes et les compagnies, ne possédait pas *vingt mille francs* de capital. Cette honorable

pauvreté, le souvenir des plus importants, des plus glorieux services, devaient peu toucher des ministres voués alors aux colères de la politique et aux caprices de l'étranger. Une demande de pension fut donc repoussée avec brutalité. Qu'on se rassure ! La France n'aura pas à rougir d'avoir laissé dans le besoin une de ses principales illustrations. Le préfet de Paris, je me trompe, Messieurs, un nom propre ne sera pas de trop ici, M. de *Chabrol* apprend que son ancien professeur à l'École polytechnique, que le secrétaire perpétuel de l'Institut d'Égypte, que l'auteur de la Théorie analytique de la chaleur, va être réduit, pour vivre, à courir le cachet. Cette idée le révolte. Aussi se montre-t-il sourd aux clameurs des partis, et *Fourier* reçoit de lui la direction supérieure du *Bureau de la statistique* de la Seine, avec 6,000 francs d'appointements. J'ai cru, Messieurs, ne pas devoir taire ces détails. Les sciences peuvent se montrer reconnaissantes envers tous ceux qui leur donnent appui et protection quand il y a quelque danger à le faire, sans craindre que le fardeau devienne jamais trop lourd!

Fourier répondit dignement à la confiance de M. de *Chabrol*. Les mémoires dont il enrichit les intéressants volumes publiés par la préfecture de la Seine, serviront désormais de guide à tous ceux qui ont le bon esprit de voir dans la statistique, autre chose qu'un amas indigeste de chiffres et de tableaux.

L'Académie des sciences saisit la première occasion qui s'offrit à elle de s'attacher *Fourier*. Le 27 mai 1816, elle le nomma académicien libre. Cette élection ne fut pas confirmée. Les démarches, les sollicitations, les prières des Dauphinois que les circonstances retenaient alors à Paris, avaient presque

désarmé l'autorité, lorsqu'un courtisan s'écria qu'on allait amnistier *le Labédoyère civil!* Ce mot, car depuis bien des siècles la pauvre race humaine est gouvernée par des mots, décida du sort de notre confrère. De par la politique, les ministres de Louis XVIII arrêtèrent qu'un des plus savants hommes de France n'appartiendrait pas à l'Académie; qu'un citoyen, l'ami de tout ce que la capitale renfermait de personnes distinguées, serait publiquement frappé de réprobation!

Dans notre pays l'absurde dure peu. Aussi, en 1817, lorsque l'Académie, sans se laisser décourager par le mauvais succès de sa première tentative, nomma unanimement *Fourier* à la place qui venait de vaquer en physique, la confirmation royale fut accordée sans difficulté. Je dois ajouter que bientôt après, le pouvoir, dont toutes les répugnances s'étaient dissipées, applaudit franchement, sans arrière-pensée, à l'heureux choix que vous fîtes du savant géomètre, pour remplacer *Delambre* comme secrétaire perpétuel. On alla même jusqu'à vouloir lui confier la direction des beaux-arts; mais notre confrère eut le bon esprit de refuser.

A la mort de Lémontey, l'Académie française où *Laplace* et *Cuvier* représentaient déjà les sciences, appela encore Fourier dans son sein. Les titres littéraires du plus éloquent collaborateur de l'ouvrage d'Égypte étaient incontestables; ils étaient même incontestés, et, cependant, cette nomination souleva dans les journaux de violents débats qui affligèrent profondément notre confrère. Mais aussi, n'était-ce pas une question, que celle de savoir si ces doubles nominations sont utiles? Ne pouvait-on pas soutenir, sans se rendre coupable d'un paradoxe, qu'elles éteignent chez la jeunesse une ému-

lation que tout nous fait un devoir d'encourager? Que deviendrait, d'ailleurs, à la longue avec des académiciens doubles, triples, quadruples, cette unité si justement vantée de l'ancien Institut? Le public finirait par ne plus vouloir la trouver que dans l'unité du costume.

Quoi qu'il en soit de ces réflexions, dont vous ferez prompte justice si je me suis trompé, je me hâte de répéter que les titres académiques de *Fourier* ne furent pas même l'objet d'un doute. Les applaudissements qu'on avait prodigués aux éloquents éloges de *Delambre*, de *Bréguet*, de *Charles*, d'*Herschel* montraient assez que si leur auteur n'eût pas été déjà l'un des membres les plus distingués de l'Académie des sciences, le public, tout entier, l'aurait appelé à prendre rang parmi les arbitres de la littérature française.

Rendu, enfin, après tant de traverses, à des occupations favorites, *Fourier* passa ses dernières années dans la retraite et l'accomplissement des devoirs académiques. *Causer*, était devenu la moitié de sa vie. Ceux qui ont cru trouver là le texte d'un juste reproche, avaient sans doute oublié que de constantes méditations ne sont pas moins impérieusement interdites à l'homme, que l'abus des forces physiques. Le repos, en toute chose, remonte notre frêle machine; mais ne se repose pas qui veut, Messieurs! Interrogez vos propres souvenirs, et dites si, quand vous poursuivez une vérité nouvelle, la promenade, les conversations du grand monde, si même le sommeil ont le privilége de vous distraire? La santé fort délabrée de *Fourier* lui commandait de grands ménagements. Après bien des essais, il n'avait trouvé qu'un moyen de s'arracher aux contentions d'esprit qui l'épuisaient : c'était de parler à haute voix sur les évenements de sa vie; sur ses

travaux scientifiques, en projet ou déjà terminés; sur les injustices dont il avait eu à se plaindre. Tout le monde avait pu remarquer combien était insignifiante la tâche que notre spirituel confrère assignait à ceux qui s'entretenaient habituellement avec lui; maintenant on en comprendra le motif.

Fourier avait conservé dans sa vieillesse, la grâce, l'urbanité, les connaissances variées qui, un quart de siècle auparavant, donnèrent tant de charme à ses leçons de l'École polytechnique. On prenait plaisir à lui entendre raconter même l'anecdote qu'on savait par cœur, même les événements auxquels on avait pris une part directe. Le hasard me rendit témoin de l'espèce de *fascination* qu'il exerçait sur ses auditeurs, dans une circonstance qui mérite, je crois, d'être connue, car elle prouvera que le mot dont je viens de me servir n'a rien de trop fort.

Nous nous trouvions assis à la même table. Le convive dont je le séparais était un ancien officier. Notre confrère l'apprit, et la question : avez-vous été en Égypte? servit à lier conversation. La réponse fut affirmative. *Fourier* s'empressa d'ajouter : quant à moi, je suis resté dans ce magnifique pays jusqu'à son entière évacuation. Quoique étranger au métier des armes, j'ai fait, au milieu de nos soldats, le coup de feu contre les insurgés du *Kaire;* j'ai eu l'honneur d'entendre le canon d'*Héliopolis*. De là à raconter la bataille, il n'y avait qu'un pas. Ce pas fut bientôt fait, et voilà quatre bataillons carrés se formant dans la plaine de *Qoubbèh* et manœuvrant aux ordres de l'illustre géomètre, avec une admirable précision. Mon voisin, l'oreille au guet, les yeux immobiles, le cou tendu, écoutait ce récit avec le plus vif intérêt. Il n'en perdait pas une syllabe : on eût juré qu'il entendait parler pour la

première fois de ces événements mémorables. Il est si doux de plaire, Messieurs! Après avoir remarqué l'effet qu'il produisait, *Fourier* revint, avec plus de détails encore, au principal combat de ces grandes journées; à la prise du village fortifié de *Mattaryèh;* au passage de deux faibles colonnes de grenadiers français, à travers des fossés comblés des morts et des blessés de l'armée ottomane. Les généraux anciens et modernes ont quelquefois parlé de semblables prouesses, s'écria notre confrère; mais c'était en style hyperbolique de bulletin; ici le fait est matériellement vrai : il est vrai comme de la géométrie. Je sens, au reste, ajouta-t-il, que pour vous y faire croire, ce ne sera pas trop de toutes mes assurances!

Soyez sur ce point sans nulle inquiétude, répondit l'officier, qui, dans ce moment, semblait sortir d'un long rêve. Au besoin, je pourrais me porter garant de l'exactitude de votre récit. C'est moi qui, à la tête des grenadiers de la 13me et de la 85me demi-brigades, franchis les retranchements de *Mattaryèh* en passant sur les cadavres des janissaires!

Mon voisin était le général *Tarayre.* On concevra bien mieux que je ne pourrais le dire, l'effet du peu de mots qui venaient de lui échapper. *Fourier* se confondait en excuses, tandis que je réfléchissais sur cette séduction, sur cette puissance de langage qui, pendant près d'une demi-heure, venait d'enlever au célèbre général, jusqu'au souvenir du rôle qu'il avait joué dans les combats de géants qu'on lui racontait.

Autant votre secrétaire avait besoin de causer, autant il éprouvait de répugnance pour les discussions verbales. *Fourier* coupait court à tout débat, aussitôt qu'il pressentait une divergence d'avis un peu tranchée, sauf à reprendre plus tard le même sujet, avec la prétention modeste de faire

un très-petit pas chaque fois. Quelqu'un demandait à *Fontaine,* géomètre célèbre de cette Académie, ce qu'il faisait dans le monde où il gardait un silence presque absolu. « J'observe, répondit-il, la vanité des hommes pour la blesser « dans l'occasion. » Si, comme son prédécesseur, *Fourier* étudiait aussi les passions honteuses qui se disputent les honneurs, la richesse, le pouvoir, ce n'était point pour les combattre : résolu à ne jamais transiger avec elles, il calculait cependant ses démarches de manière à ne pas se trouver sur leur chemin. Nous voilà bien loin, du caractère ardent, impétueux, du jeune orateur de la société populaire d'Auxerre ; mais à quoi servirait la philosophie, si elle ne nous apprenait à vaincre nos passions! Ce n'est pas que, par moments, le fond du caractère de *Fourier* ne se montrât à nu. Il est étrange, disait un jour, certain personnage très-influent de la cour de Charles X, à qui le domestique *Joseph* ne voulait pas permettre de dépasser l'antichambre de notre confrère, il est vraiment étrange que votre maître soit plus difficile à aborder qu'un ministre! *Fourier* entend le propos, saute à bas de son lit, où une indisposition le retenait, ouvre la porte de la chambre, et face à face avec le courtisan, *Joseph,* s'écrie-t-il, dites à monsieur que si j'étais ministre, je recevrais tout le monde, parce que tel serait mon devoir; comme simple particulier, je reçois qui bon me semble et quand bon me semble! Déconcerté par la vivacité de la boutade, le grand seigneur ne répondit pas un mot. Il faut même croire qu'à partir de ce moment, il se décida à ne visiter que des ministres, car le simple savant n'en entendit plus parler.

Fourier était doué d'une constitution qui lui promettait

de longs jours; mais que peuvent les dons naturels contre les habitudes antihygiéniques que les hommes se créent à plaisir! Pour se dérober à de légères atteintes rhumatismales, notre confrère se vêtait dans la saison la plus chaude de l'année, comme ne le font même pas les voyageurs condamnés à hiverner au milieu des glaces polaires. On me suppose de l'embonpoint, disait-il quelquefois en riant; soyez assuré qu'il y a beaucoup à rabattre de cette opinion. Si, à l'exemple des momies égyptiennes, on me soumettait, ce dont Dieu me préserve! à l'opération du désemmaillottement, on ne trouverait pour résidu qu'un corps assez fluet. Je pourrais ajouter, en choisissant aussi mon terme de comparaison sur les bords du Nil, que dans les appartements de Fourier, toujours peu spacieux et fortement chauffés, même en été, les courants d'air auxquels on était exposé près des portes, ressemblaient quelquefois à ce terrible Seïmoun, à ce vent brûlant du désert que les caravanes redoutent à l'égal de la peste.

Les prescriptions de la médecine qui, dans la bouche de M. Larrey, se confondaient avec les inquiétudes d'une longue et constante amitié, ne réussirent pas à faire modifier ce régime mortel. *Fourier* avait déjà eu en Égypte et à Grenoble, quelques atteintes graves d'un anévrisme au cœur. A Paris, on ne pouvait guère se méprendre sur la cause première des fréquentes suffocations qu'il éprouvait. Une chute faite le 4 mai 1830 en descendant un escalier, donna, toutefois, à la maladie une marche beaucoup plus rapide qu'on n'avait jamais dû le craindre. Notre confrère, malgré de vives instances, persista à ne vouloir combattre les plus menaçants symptômes, qu'à l'aide de la patience et d'une

haute température. Le 16 mai 1830, vers les quatre du soir, Fourier éprouva dans son cabinet de travail, une violente crise dont il était loin de pressentir la gravité, car, après s'être jeté tout habillé sur un lit, il pria M. Petit, jeune médecin de ses amis qui lui donnait des soins, de ne pas s'éloigner «afin, lui dit-il, que nous puissions tout à l'heure causer ensemble.» Mais à ces paroles succédèrent bientôt les cris : *Vite, vite, du vinaigre, je m'évanouis!* et un des savants qui jetait le plus d'éclat sur l'Académie, avait cessé de vivre!

Cet événement cruel est trop récent, Messieurs, pour qu'il soit nécessaire de rappeler ici, et la douleur profonde qu'éprouva l'Institut en perdant une de ses premières notabilités; et ces obsèques où tant de personnes, ordinairement divisées d'intérêts et d'opinions, se réunirent dans un sentiment commun de vénération et de regrets, autour des restes inanimés de *Fourier;* et l'École polytechnique se joignant en masse au cortége, pour rendre hommage à l'un de ses plus anciens, de ses plus célèbres professeurs; et les paroles qui, sur les bords de la tombe, dépeignirent si éloquemment le profond mathématicien, l'écrivain plein de goût, l'administrateur intègre, le bon citoyen, l'ami dévoué. Disons, seulement, que Fourier appartenait à toutes les grandes sociétés savantes du monde, et qu'elles s'associèrent avec la plus touchante unanimité, au deuil de l'Académie, au deuil de la France entière : éclatant témoignage que la *république des lettres* n'est plus aujourd'hui un vain nom! Qu'a-t-il donc manqué à la mémoire de notre confrère? Un successeur, plus habile que je ne l'ai été, à grouper, à mettre en relief, les diverses phases d'une vie si variée, si laborieuse, si glorieu-

sement enlacée aux plus grands événements de la plus mémorable époque de notre histoire. Heureusement, les découvertes scientifiques de l'illustre secrétaire n'avaient rien à redouter de l'insuffisance du panégyriste. Mon but aura été complétement atteint, si, malgré l'imperfection de mes esquisses, chacun de vous a compris que les progrès de la physique générale, de la physique terrestre, de la géologie, multiplieront de jour en jour davantage les fécondes applications de la *Théorie analytique de la chaleur,* et que cet ouvrage portera le nom de *Fourier* jusqu'à la postérité la plus reculée.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES

DE L'INSTITUT DE FRANCE.

NOTICE

SUR LES OPÉRATIONS

GÉODÉSIQUES ET ASTRONOMIQUES

QUI SERVENT DE FONDEMENT A LA NOUVELLE CARTE DE FRANCE.

PAR M. PUISSANT.

Lue à l'Académie des Sciences, le 14 janvier 1833.

AVANT que les astronomes pussent entreprendre avec succès le levé géométrique d'un grand état, ils préludèrent longtemps à la mesure de la grandeur et de la figure de la terre, parce qu'elle en est le fondement essentiel. Si la détermination d'un arc du méridien, que le célèbre Picard effectua vers le milieu du XVIIe siècle, ne répondit pas complétement au but qu'il s'était proposé, du moins inspira-t-elle en France et dans d'autres parties de l'Europe civilisée le désir de faire de nouvelles tentatives en ce genre; mais il était réservé à l'illustre famille des Cassini de donner un premier exemple d'une carte du royaume, fondée sur des méthodes trigonométriques et astronomiques. C'est surtout à l'occasion de la fixation de notre nouveau système des poids et mesures, que ces méthodes ont été portées au plus haut degré de perfection, et que la

géographie mathématique a, en quelque sorte, été assise sur de nouvelles bases.

Lorsque les ingénieurs français eurent exploré topographiquement les contrées qui furent le théâtre de nos victoires, le dépôt de la guerre, qui avait dirigé ces travaux, conçut le projet de remplacer la carte de Cassini, reconnue en général incomplète et en beaucoup de points inexacte. Cette idée de procurer aux différents services publics et aux administrations locales de nouveaux documents géodésiques et topographiques mieux appropriés à leurs besoins, fut favorablement accueillie du gouvernement. En effet, d'après le rapport fait au Roi par le ministre de la guerre, le 6 août 1817, Sa Majesté prescrivit l'exécution d'une nouvelle carte topographique du royaume, combinée avec les opérations du cadastre; carte dont les bases et le mode d'opération furent ensuite discutés dans le sein d'une commission présidée par l'illustre Laplace, et composée de membres choisis parmi l'Institut et les différents services publics.

Quoique la triangulation générale par Cassini fût encore un modèle à suivre dans cette circonstance, cependant les principes sur lesquels son auteur l'avait appuyée ont dû nécessairement être modifiés pour être mis en harmonie avec les progrès que la géodésie a faits parmi nous depuis quarante ans.

Voici en peu de mots les dispositions fondamentales qui furent arrêtées par la commission royale, et auxquelles les ingénieurs-géographes se sont conformés dès l'année 1818.

Plusieurs chaînes de grands triangles, dirigées dans le sens des méridiens et des parallèles terrestres, forment les premiers linéaments du canevas de la nouvelle carte, et sont liées entre

elles ainsi qu'à la méridienne de Dunkerque, mesurée par Delambre et Méchain. Ces chaînes primordiales sont, d'une part, les méridiennes de Dunkerque, de Bayeux, de Sedan et de Strasbourg; d'autre part, les parallèles d'Amiens, de Paris, de Bourges, de Saintes, de Rhodez, et le réseau trigonométrique des Pyrénées.

Parmi les espaces compris entre ces chaînes, quelques-uns sont remplis de triangles de premier ordre, auxquels se rattachent d'autres triangles de deuxième et de troisième ordre, servant à coordonner les opérations de détail des officiers d'état-major, et les plans du cadastre réduits à l'échelle des levés.

Cette triangulation, qui embrasse déja une grande étendue de la France, et qui s'est accrue de celle que les ingénieurs-hydrographes de la marine (sous la direction de M. Beautemps-Beaupré) ont exécutée sur le littoral océanique, procure un nivellement général du royaume, tel qu'il n'en existe pas de semblable en Europe. Ainsi, tous les points trigonométriques, au nombre de plus de quarante mille, seront exactement connus, non-seulement par leur latitude et leur longitude, mais en outre par leur *altitude* ou hauteur au-dessus du niveau de la mer moyenne. Ces éléments géographiques sont calculés à l'aide de formules dues, en partie, au savant célèbre que nos regrets viennent d'accompagner jusque dans sa dernière demeure, et dont les immortels travaux ont enrichi pendant plus d'un demi-siècle le domaine de l'analyse et de la géométrie.

Les quatre grandes lignes de nivellement qui doivent inspirer le plus de confiance sont celles de Brest à Paris, de Nantes aux frontières de la Suisse, de Royan aux limites de la Sa-

voie, et de l'Océan à la Méditerranée, en suivant la haute chaîne des Pyrénées qui séparent la France d'avec l'Espagne. C'est sur la première de ces lignes que des réverbères ont été employés pour signaux de nuit, conformément au désir de l'illustre président de la commission royale, et qu'ont été observées un très-grand nombre de fois des distances zénithales réciproques et simultanées, afin de connaître avec toute la précision possible les hauteurs des stations depuis Brest jusqu'à Paris. Cette opération, peut-être unique en son genre, assigne au sommet de la lanterne du Panthéon une hauteur absolue de 143^m,8. Je me suis assuré par les formules de probabilité que l'erreur moyenne de ce résultat est simplement de 0^m,1; ainsi il y aurait cinquante mille à parier contre un que cette erreur très-minime est renfermée dans les limites ± 0^m,6. Il faut toutefois faire abstraction des erreurs constantes dont les deux cercles répétiteurs, employés concurremment à cette opération, auraient pu être affectés; erreurs qui laisseraient une incertitude de 1^m,9, si elles en avaient produit seulement une de 5″ centésimales sur chacune des différences des distances zénithales réciproques. Mais comme quelques distances zénithales d'un même objet ont été prises à la même époque avec ces instruments, et qu'elles se sont trouvées à très-peu près identiques, selon ce qui m'a été assuré par l'un des observateurs, cette incertitude de 1^m,9 est alors purement fictive.

La seconde ligne de nivellement et celle qui résulte du parallèle moyen ont l'avantage de se lier, à l'aide de quelques triangles supplémentaires, au sommet du Mont-Blanc, et d'en faire connaître exactement la hauteur au-dessus de l'Océan, hauteur que M. le colonel Coraboeuf évalue à 4811^m. Ce ré-

sultat s'accorde parfaitement avec celui que MM. Plana et Carlini ont obtenu de leur côté, mais en rectifiant les hauteurs du Mont-Colombier et du Granier, que ces astronomes ont prises pour éléments de départ, ainsi que j'en ai reconnu tout récemment la nécessité (*).

Le nivellement trigonométrique des Pyrénées, exécuté aussi avec une rare exactitude, malgré les difficultés qui lui étaient

---

(*) Ce point culminant des Alpes ayant été observé de plusieurs stations par M. Corabœuf, lors de ses opérations sur le parallèle de Bourges et aux environs de Genève, cet officier se propose d'en vérifier de nouveau la hauteur, et à cet égard on pourrait faire une utile application de la méthode la plus avantageuse, en ayant recours à la formule qui donne la hauteur cherchée par une seule distance zénithale. Cette formule, en désignant par x la hauteur dont il s'agit, et par y le coefficient inconnu de la réfraction, est, comme l'on sait, de la forme

$$x = A - By;$$

lorsque, pour abréger, l'on fait

$$A = h + K \text{ séc.} \tfrac{1}{2}\varphi \cot. \delta + \frac{K^2 \text{ séc.} \frac{1}{2}\varphi}{2\rho \sin.^2 \delta}.$$

$$B = \frac{K^2 \text{ séc.} \frac{1}{2}\varphi}{\rho \sin.^2 \delta};$$

h étant la hauteur de la station au-dessus du niveau de l'Océan, δ la distance zénithale mesurée, K la distance rectiligne à l'objet observé, réduite au niveau de la station, φ l'arc qu'elle sous-tend, et enfin ρ le rayon de la terre représenté par la normale correspondante au lieu de l'observation. Dans le cas présent l'on aurait une dixaine d'équations semblables; ainsi, en les traitant à la manière de Legendre, on parviendrait aux valeurs les plus probables des deux inconnues. Mais pour ne pas opérer sur de trop grands nombres, on calculera les corrections dx et dy à faire aux valeurs approchées de x et y qui auront été préalablement déterminées.

inhérentes, prouve incontestablement que les eaux de la Méditerranée et celles de l'Océan, abstraction faite des marées, ne forment qu'une seule et même surface de niveau, ainsi qu'il en a déja été rendu compte à l'Académie. En donnant les hauteurs d'un grand nombre de sommités, ce nivellement complète l'orométrie de cette partie intéressante du globe.

Des bornes en pierres, plantées au centre des stations du premier ordre où il a fallu ériger des signaux temporaires, sont autant de repères immuables et de points de départ pour des plans et nivellements spéciaux qui seraient entrepris, soit afin de dresser dans l'intérêt de la navigation intérieure une carte hydrographique de la France, soit pour ouvrir en faveur de l'agriculture des canaux d'irrigation ou de dessèchement. « Ainsi (est-il dit dans une notice sur la carte de France, publiée il y a plusieurs années par un de nos savants confrères), lorsque les travaux des hommes ou les changements que produit l'action lente mais continue des causes naturelles, auront, sur quelques points, modifié assez sensiblement le terrain pour nécessiter la refonte des levés de détail, ces bornes serviront de guide au géographe, et, comme autant de phares, l'empêcheront de s'égarer. »

Malgré les soins portés dans l'observation des angles de ce vaste enchaînement de triangles, il restait à se prémunir contre l'accumulation possible des erreurs sur les distances conclues qui sont très-éloignées des bases de Melun et de Perpignan, en mesurant avec les règles de platine imaginées par Borda, cinq autres bases de vérification, savoir : la première à Ensisheim près de Colmar; la seconde au bord de la mer, non loin du cap Finistère; la troisième dans les landes près de Bordeaux ; la quatrième aux environs de Dax, et la cin-

quième près d'Aix. Leur comparaison entre elles et avec celles de Delambre ont présenté généralement, après quelques rectifications indispensables, un accord satisfaisant. Je ne puis cependant dissimuler que ces rectifications, opérées avec un soin tout particulier, ont détruit la parfaite concordance qui existait entre les bases de Melun et de Perpignan, et qui provenait sans doute d'une heureuse compensation entre les erreurs des observations angulaires, puisque la base de Perpignan conclue de la première est maintenant en excès de 1^m,82 sur sa mesure directe, trouvée de 11706^m,4; discordance de l'ordre de celle qui s'est manifestée également dans une portion de la méridienne de Bayeux, et qui, si elle se fût dévoilée aux auteurs de la *base du système métrique décimal,* leur aurait certainement causé beaucoup de tourment.

Cette immense triangulation du royaume devait de plus être appuyée, en plusieurs points, sur des observations astronomiques très-précises. Outre celles relatives à la méridienne de Dunkerque, recueillies par Delambre et Méchain, on doit aux ingénieurs-géographes, munis d'excellents instruments de Gambey, des observations de latitude et d'azimuth sur les parallèles de Paris, de Bourges, de Saintes, et à l'extrémité occidentale de la chaîne des Pyrénées. Enfin la mesure du parallèle moyen a, comme l'on sait, été complétée avec succès par des observations de longitude, depuis la tour de Cordouan jusqu'en Savoie, lesquelles ont été continuées par des savants italiens jusqu'à la mer Adriatique (*). Réunies à celles

(*) Voyez le tome II des *Opérations géodésiques et astronomiques pour la mesure d'un arc du parallèle moyen,* par MM. Plana et Carlini. (Milan, 1827.)

dont je viens de parler, elles répandent un nouveau jour sur la figure de la terre dans cette contrée, et rattachent géographiquement la France à l'Italie.

Pendant les treize années qui viennent de s'écouler, ces opérations fondamentales ont été poussées avec une activité vraiment remarquable, si l'on considère le petit nombre d'officiers qui ont pu en être chargés; et il y a lieu d'espérer qu'elles continueront de l'être ainsi jusqu'à ce qu'enfin le réseau qui doit former le canevas de la nouvelle carte topographique du royaume soit entièrement terminé. Réservée maintenant au corps royal d'état-major, auquel celui des ingénieurs-géographes a été réuni le 22 février 1831, cette triangulation pourra s'étendre avec d'autant plus de rapidité, dans tous les lieux où elle n'a pas encore été portée, que la mesure prise dernièrement par le gouvernement d'admettre à l'école d'état-major quelques élèves de l'école polytechnique, procurera le moyen d'alimenter la section trigonométrique du dépôt de la guerre, surtout si l'enseignement de la géodésie est, pour ces élèves, aussi élevé et aussi spécial qu'il l'a été pendant vingt-deux années consécutives à l'école d'application des ingénieurs-géographes.

Je viens de dire que la triangulation générale de la France, appuyée sur de bonnes observations astronomiques, était de nature à fournir des données précieuses pour la recherche de la figure de la terre. En effet, l'Académie a déja eu, en plusieurs circonstances, communication des principaux résultats géodésiques et astronomiques de nos ingénieurs, et elle doit, je pense, regarder comme un fait incontestable, qu'en combinant l'arc du parallèle moyen compris entre l'Océan et Padoue, avec celui du méridien de Dunkerque qui s'étend

de Greenwich à Formentera, l'aplatissement de l'ellipsoïde osculateur au point d'intersection de ces deux arcs est plutôt au-dessus qu'au-dessous de $\frac{1}{260}$, ainsi que je l'ai fait voir le premier, à l'aide d'une formule fort simple, et comme je le prouve de nouveau dans un ouvrage dont j'aurai bientôt l'honneur d'offrir l'hommage à l'Académie. Cet aplatissement diffère sensiblement de $\frac{1}{309}$ qu'on obtient par les mesures géodésiques de France et du Pérou ; cependant il a été décidé par la commission royale que les positions géographiques de tous les points trigonométriques de la carte du royaume seraient calculées dans la supposition que ces mêmes points sont projetés sur un ellipsoïde de révolution qui aurait ce dernier aplatissement, et même que l'on ferait, dans tous ces calculs, usage de la division centésimale du cercle, afin de perpétuer le souvenir de l'opération qui a servi de base à notre nouveau système métrique; sauf ensuite à traduire, pour les besoins ordinaires de la géographie, les principaux résultats en degrés sexagésimaux.

Cette figure hypothétique du globe entier, assez conforme à la vérité, est propre à faire connaître de combien les résultats astronomiques se rapprochent ou s'écartent de ceux auxquels on parvient par les opérations géodésiques, lorsque le canevas trigonométrique dont il s'agit est non seulement calculé par les seules bases de Melun et de Perpignan supposées parfaitement d'accord entre elles, mais en outre lorsqu'il est orienté au moyen de l'azimuth de Belle-Assise sur l'horizon du Panthéon, et qu'on adopte pour latitude de départ celle du centre de la coupole de cet édifice, déduite de la latitude de l'observatoire royal. Les écarts entre ces résultats étant considérés absolument, font voir que l'aplatisse-

ment terrestre introduit dans les formules par lesquelles on détermine les positions géographiques des sommets des triangles ne convient pas parfaitement à la surface de la France; et en les comparant entre eux, leurs grandes inégalités dénotent que cette surface est fort irrégulière de part et d'autre du méridien de Paris.

Par exemple, en comparant les résultats de ce genre, obtenus par les ingénieurs-géographes, et relatifs à la partie occidentale du parallèle de Bourges, on voit que la latitude de Saint-Martin d'Angers est (division sexagésimale)

de.................................... 47° 28′ 6″,8
tandis que par la géodésie, elle est de........ 47° 28 11,1

Différence..........— 4″,3

Qu'en ce même point l'azimuth astronomique de La Salle, compté du sud à l'ouest, est de.............. 10° 33′ 31″,85
tandis que par la géodésie l'on a.............. 10° 33 57 28

Différence........—25″,43

A Puits-Berteau, près de Bourges, la différence entre la latitude astronomique de ce point et sa latitude géodésique est seulement de + 0″,39; mais l'azimuth géodésique de Bourges sur l'horizon de cette station surpasse de 30″, 73 l'azimuth astronomique. Cependant cet excès deviendrait plus faible de 6″ si l'on substituait à quelques triangles de mauvaise forme, dans la partie de la méridienne de Dunkerque comprise entre les parallèles de Paris et de Bourges, d'autres triangles mieux conditionnés. Cette même rectification, étendue sur les autres chaînes qui en reçoivent l'influence, modifierait également de plusieurs secondes leurs coordonnées géographiques; mais

c'est une opération que je me réserve de faire, lorsque j'essaierai, dans un autre mémoire, de tirer de nouvelles conséquences des mesures actuelles. Je me bornerai, quant à présent, à énoncer les résultats tels qu'ils sont consignés dans les archives géodésiques du dépôt de la guerre.

Sur le parallèle moyen, la latitude du signal de la Ferlanderie près de Saintes a été trouvée, par un très-grand nombre d'observations d'étoiles situées au nord et au sud du zénith,

de	45° 44′ 41″,04
et l'on a eu par la géodésie	45 44 46,23
Différence	— 5″,19

Enfin, à la tour de Borda près de Dax, la latitude astronomique

est de	43° 42′ 42″,09
et la latitude géodésique de	43 42 43,76
Différence	— 1″,67

Il résulte de ces comparaisons que les latitudes observées à l'occident du méridien de Paris sont moindres que celles qui dérivent de la triangulation. Il faut en excepter toutefois la latitude de l'observatoire de la marine à Brest; puisque, selon les nombreuses observations de M. Guépratte, directeur

de cet observatoire, cette latitude est de	48° 23′ 35″,00
et que géodésiquement l'on a	48 23 32,19
Différence	+ 2″81

Il est de plus très-remarquable qu'à la station de Crozon, située à très-peu de distance de Brest, M. Daussy, ingénieur-hydrographe de la marine, a trouvé également, par de très-

bonnes observations, que la latitude est de... 48° 14′ 48″,50
tandis que par la géodésie l'on a eu.......... 48 14 50,05

Différence.......... — 1″,55

Ces deux dernières différences, qui se manifestent en sens contraires, et qu'on ne peut attribuer en entier aux erreurs d'observation, paraissent indiquer en ce lieu de la France une irrégularité dans la figure de la terre; mais c'est un fait qui mérite d'être confirmé de nouveau.

Il est naturel de faire de semblables comparaisons à l'orient du méridien de Paris: or, à la station de Longeville près de Bar-le-Duc, les ingénieurs-géographes qui en ont observé la latitude avec beaucoup de soin, l'ont fixée à ...48° 44′ 6″,92
C'est, à deux dixièmes de seconde près, le résultat géodésique; mais à la station de Bréri (parallèle de Bourges), la latitude observée excède de 4″, 82 la latitude géodésique.

A Genève, la latitude de l'ancien observatoire, mesurée avec une très-grande exactitude par M. Gautier, est de.. ....46° 11′ 59″, 05
C'est aussi, à 9 dixièmes de seconde près, la latitude géodésique.

Au Mont-Colombier, la latitude observée est de 45° 52′ 49″,8
et par la géodésie l'on a eu.............. ...45 52 56,6

Différence............ — 6″,8

Mais à peu de distance de là, par exemple, à la tour de Montceau la latitude astronomique est de ....45° 35′ 33″,0
et excède celle conclue géodésiquement de ....3″,5
anomalie de même signe et presque aussi forte que celle qui s'est manifesté à Évaux. Ainsi voilà, en passant d'une

station à une autre très-voisine, une discordance de 10",3 qu'on ne peut révoquer en doute, et à laquelle on était loin de s'attendre. Celle à Montjoui, mais beaucoup plus faible, signalée par Delambre, ne s'explique de même qu'en supposant un défaut d'homogénéité dans la croûte terrestre.

Il n'est pas moins remarquable qu'au signal d'Opmes près de Clermont-Ferrand la latitude observée est en excès de 8" sur la latitude conclue. Tout le contraire arrive à l'observatoire de Marseille : en effet, M Gambart a obtenu, à l'aide de plusieurs étoiles observées un très-grand nombre de fois,

pour la latitude de ce point	43° 17' 48",52
et par les opérations géodésiques, les ingénieurs-géographes ont eu	43 17 52,41
Différence	— 3",89

On voit donc qu'à l'orient du méridien de Paris, deux des latitudes observées se sont trouvées plus faibles que les latitudes conclues ; mais de chaque côté de ce méridien les différences qui existent entre ces deux quantités présentent entre elles des irrégularités qui sont dues, très-probablement, à des attractions locales ou à des inégalités dans la densité des couches de la terre vers sa surface.

De pareilles comparaisons faites de ce côté du méridien principal entre les azimuths, décèlent aussi de fortes anomalies qui n'existeraient pas si les parallèles terrestres étaient des courbes circulaires. En voici la preuve :

Au signal de Bréri, sur le parallèle de Bourges, l'azimuth

du Mont-Poupet est de	229° 22' 37",00
Par la géodésie	229 23 19,83
Différence	— 42",83

Au signal de Monteeau, sur le parallèle moyen, l'azimuth astronomique du Mont-Colombier est de.... 223° 7′ 6″,55
Par la géodésie.......................... 223 7 27,29

Différence................ — 20″,74

Enfin, au signal d'Opmes près de Clermont, l'azimuth astronomique du Puy-de-Dôme est de....... 124° 19′ 1″,74
et par la géodésie........................ 124 19 23,12

Différence................ — 21″,38

Quant aux longitudes obtenues par la méthode de rapide transmission du temps, à l'aide de signaux de feu, plusieurs laissent encore trop d'incertitude pour qu'il soit possible d'en tirer une conclusion bien rigoureuse. Voici néanmoins quelques résultats curieux :

La longitude astronomique de l'observatoire de la marine à Brest a été trouvée (sauf révision) de....... 6° 49′ 35″,10
et les opérations géodésiques ont donné........ 6 49 49,22

Différence................ 14″,12

Par la même méthode, la longitude de Marennes est de................................ 3° 26′ 39″,57
Géodésiquement........................... 3 26 40,07

Différence................ — 0″,50

A l'orient de Paris, la longitude astronomique de la flèche de Strasbourg est de........................ 5° 24′ 48″,90
et par la géodésie........................ 5 24 53,70

Différence................ — 4″,80

La longitude de l'ancien observatoire de Genève a été trouvée, par la méthode des feux, de......... 3° 48′ 39″,85

La triangulation a donné...................... 3 48 54,58

Différence................... — 14″,73

Enfin la longitude astronomique du Mont-Colombier est de.................................... 3° 24′ 53″,20

Et sa longitude géodésique de.............. 3 25 15,24

Différence............... — 22″,04

Il est à remarquer, cependant, que comme la longitude géodésique du signal d'Usson situé sur le parallèle moyen, et très-près du méridien de Paris, entre dans l'expression de la longitude astronomique de ces deux dernières stations, elle est, à la rigueur, susceptible de recevoir une très-légère correction, due à la discordance des bases signalée plus haut.

L'illustre auteur de la Mécanique céleste avait conçu l'espoir que l'on parviendrait plus facilement à une exacte évaluation de la différence des longitudes de deux points peu éloignés l'un de l'autre, en mesurant, par les meilleurs procédés astronomiques, les azimuths des extrémités de la ligne de plus courte distance qui joindrait ces points, et qui serait en même temps perpendiculaire au méridien de l'un d'eux, parce qu'il existe entre ces angles et la différence en longitude cherchée une relation presque indépendante de l'aplatissement terrestre; mais les essais que j'ai faits de cette méthode indirecte ont, jusqu'à présent, été infructueux, quoique tous les éléments de mes calculs fussent de nature à m'inspirer une entière confiance. Je me propose de revenir sur ce sujet

dans un mémoire qui fera suite à la présente notice. En attendant, j'observerai qu'il est possible, ce me semble, d'expliquer jusqu'à un certain point pourquoi, en faisant même abstraction des erreurs des observations angulaires commises sur la ligne trigonométrique qui joint les deux points dont il s'agit, la méthode des azimuths s'accorde mal avec celle des feux. Remarquons d'abord que le méridien céleste et le méridien apparent, en un point quelconque de la surface de la terre, sont en général deux plans différents. En effet, le premier est un plan passant par l'axe du monde et par un lieu de la terre, et le second contient la verticale de ce lieu et le pôle du monde; si donc cette verticale ne passe pas par l'axe de la terre, le méridien apparent ne coïncide pas avec le méridien céleste. Déterminer la différence des méridiens de deux points, c'est trouver l'angle que forment entre eux les méridiens apparents. Par la méthode des feux, cet angle qu'on obtient immédiatement est indépendant de l'effet de toute cause perturbatrice qui agirait intermédiairement sur la direction du fil à plomb; mais les attractions locales doivent au contraire exercer leur influence sur les résultats auxquels on parvient par la méthode des azimuths, puisque quelques-uns des angles des triangles qui unissent les points que l'on considère se trouvent soumis à cette influence, et qu'ils entrent nécessairement dans la composition de l'angle azimuthal employé à la recherche de la différence de longitude.

La précision qui fait le caractère distinctif des grandes opérations trigonométriques de notre époque, ne laisse plus aucun doute sur la réalité de ces discordances entre les latitudes, les azimuths et les différences de longitude observés

et conclus de ces opérations; aussi seront-elles toujours un obstacle à la recherche de la véritable figure de la terre, sans cesser cependant d'intéresser le géologue. Celles qu'on remarque en différents lieux de la France, au fur et à mesure qu'on en explore géodésiquement le sol, ne proviendraient-elles pas en grande partie des éruptions volcaniques qui ont anciennement bouleversé l'Auvergne, et dont l'existence remonte au-delà des temps historiques?

Parmi les innombrables résultats numériques qui ont été déduits de toutes les opérations fondamentales dont je viens de parler, il en est beaucoup auxquels il importait de donner de la publicité; c'est pourquoi M. le maréchal duc de Dalmatie, ministre de la guerre, accueillit avec le plus vif intérêt le plan que j'eus l'honneur de lui présenter vers la fin de l'année 1831, d'une nouvelle description géométrique de la France, où serait exposé, suivant un ordre méthodique, le résumé des méthodes d'observation et de calcul employées à la recherche des principaux éléments du canevas de la carte dont on vient de publier les douze premières feuilles, et qui renfermerait en outre une multitude de documents géodésiques utiles aux différents services publics, aux administrations départementales, et même aux grands propriétaires. La première partie de cet ouvrage, imprimée par ordre du gouvernement, paraîtra sous très peu de jours; elle sera accompagnée de la carte générale des triangles de premier ordre, et du tableau d'assemblage des 259 feuilles de gravure, à l'échelle du quatre-vingt millième, qui composeront l'atlas topographique du royaume. Le public connaîtra par ce moyen l'état actuel des travaux scientifiques de cette nouvelle carte, et en appréciera le véri-

table but; il se formera en un mot une idée nette et précise de tout ce qui aura été fait pour enrichir la France d'un monument topographique digne d'occuper le premier rang parmi ceux que possèdent en ce genre les autres nations.

NOUVELLES COMPARAISONS
DES MESURES
GÉODÉSIQUES ET ASTRONOMIQUES DE FRANCE,

ET

CONSÉQUENCES QUI EN RÉSULTENT RELATIVEMENT A LA FIGURE DE LA TERRE.

PAR M. PUISSANT.

Lu à l'Académie des Sciences, le 15 juillet 1833.

DANS une notice sur les grandes opérations trigonométriques qui ont été entreprises en France depuis une quinzaine d'années, et que j'ai lue à l'Académie des sciences le 14 janvier dernier, j'ai dit que les différences entre les éléments géodésiques et astronomiques comparables, résultaient en partie de la supposition que les divers réseaux de triangles dont est formé le canevas général du royaume sont liés à une seule base, orientés à l'aide d'un seul azimuth, et projetés sur un ellipsoïde de révolution dont l'aplatissement est de $\frac{1}{308,64}$; mais en regardant comme partie intégrante de la chaîne méridienne de Dunkerque, les nouveaux triangles très-bien conditionnés qui s'étendent sur la méridienne de Fon-

tainebleau, à partir de Pithiviers jusqu'au parallèle de Bourges, il s'établit un accord plus satisfaisant entre les côtés communs à ces réseaux, ainsi qu'entre les sept bases mesurées; et la plupart des résultats géodésiques mentionnés dans la *Nouvelle Description géométrique*, et dans la notice dont je viens de parler, éprouvent des modifications qui les rapprochent de quelques secondes des déterminations astronomiques. Toutefois, la relation entre la longitude et l'azimuth, en un point quelconque de la terre, qui est donnée par la théorie du sphéroïde irrégulier, exposée au 3e livre de la *Mécanique céleste*, est loin de se vérifier, comme j'en ai déja fait la remarque dans une autre circonstance. Pour discuter de nouveau ce point délicat de géodésie, et tâcher d'en tirer quelques conséquences certaines, j'ai effectué les rectifications des principaux résultats dont il s'agit, en faisant usage des formules énoncées à la page 269 de la *Nouvelle Description géométrique*, et au moyen desquelles on passe des éléments géographiques provisoires aux éléments définitifs, lorsque les premiers de ces éléments et les longueurs des côtés des triangles reçoivent une légère augmentation ou diminution, et que l'aplatissement de la terre reste le même. En voici le tableau complet.

NOMS DES STATIONS.		Latitudes.	Longitudes.	Azimuths.
Méridienne de l'observatoire de Paris.				
				De Waten.
Dunkerque...	Géodésiquem.	51° 2′ 11″,6	—0° 0′ 14″,27	25° 19′ 36″,26
	Astronomiq.	51 2 8,5	*idem.*	25 19 42,10
	Différence.	— 3,1		+ 5,84
				De Belle-Assise.
Panthéon.....	Géodésiquem.	48 50 48,59	—0 0 34,61	274 47 54,0
	Astronomiq.	*idem.*	*idem.*	*idem.*
	Différence.	0,0	0,0	0,0
				De Dun-le-Roi.
Bourges......	Géodésiquem.	47 4 58,79	—0 3 43,20	329 11 7,3
	Astronomiq.			329 10 41,3
	Différence.			— 26,0
Évaux........	Géodésiquem.	46 10 35,64	—0 8 58,46	
	Astronomiq.	46 10 42,50		
	Différence.	+ 6,86		
				De Nore.
Carcassonne...	Géodésiquem.	43 12 51,9	—0 0 46,82	201 19 31,9
	Astronomiq.	43 12 54,3		201 18 58,0
	Différence.	+ 2,4		— 33,9

NOMS DES STATIONS.		LATITUDES.	LONGITUDES.	AZIMUTHS.
PARALLÈLE DE BREST A STRASBOURG.				
BREST (Observatoire de la marine)..	Géodésiquem.	48° 23′ 32″,19	+6° 49′ 49″,22	
	Astronomiq.	48 23 35,00	6 49 35,10	
	Différence.	+ 2,81	— 14,12	
				De S-Louis de Brest.
CROZON (clocher)...	Géodésiquem.	48 14 50,05	+6 49 40,32	179 53 19,70
	Astronomiq.	48 14 48,50	6 49 26,20	179 53 10,03
	Différence.	— 1,55	— 14,12	— 9,67
LONGEVILLE (signal).....	Géodésiquem.	48 44 6,74	—2 50 50,36	
	Astronomiq.	48 44 6,92		
	Différence.	+ 0,18		
STRASBOURG (flèche).....	Géodésiquem.	48 34 56,84	—5 24 53,72	
	Astronomiq.	48 34 57,50	5 24 48,87	
	Différence.	+ 0,66	— 4,85	

NOMS DES STATIONS.		LATITUDES.	LONGITUDES.	AZIMUTHS.
PARALLÈLE DE BOURGES.				
ANGERS (tour de Saint-Martin)....				De La Salle.
	Géodésiquem.	47° 28′ 10″,67	+2° 53′ 21″,57	10° 33′ 48″,56
	Astronomiq.	47 28 6,79		10 33 31,85
	Différence.	— 3,88		— 16,71
PUITS-BERTEAU (signal)....				De Bourges.
	Géodésiquem.	47 13 59,85	+0 14 52,47	305 18 4,88
	Astronomiq.	47 14 0,54		305 17 40,60
	Différence.	+ 0,69		— 24,28
BRÉRI (signal)....				De Poupet.
	Géodésiquem.	46 47 30,61	—3 14 31,83	229 23 14,87
	Astronomiq.	46 47 35,84		229 22 37,00
	Différence.	+ 5,23		— 37,87
GENÈVE (ancien observatoire).....	Géodésiquem.	46 11 59,74	—3 48 56,92	
	Astronomiq.	46 11 59,50	3 48 40,63	
	Différence.	— 0,24	— 16,29 (*)	

(*) Cette différence est affectée du signe — comme si les longitudes étaient positives.

NOMS DES STATIONS.		LATITUDES.	LONGITUDES.	AZIMUTHS.
PARALLÈLE MOYEN.				
				De la tour de Cordouan.
MARENNES (clocher)...	Géodésiquem.	45° 49′ 18″,5	+3° 26′ 41″,55	11° 14′ 20″,56
	Astronomiq.		3 26 39,58	11 13 50,96
	Différence.		— 1,97	— 29,60
				De Marennes.
LA FERLANDERIE (signal).....	Géodésiquem.	45 44 44,87	+3 1 12,04	104 29 27,01
	Astronomiq.	45 44 41,04		104 29 0,51
	Différence.	— 3,83		— 26,50
				Du Puy-de-Dôme.
OPMES, près de Clermont (signal).....	Géodésiquem.	45 42 39,79	—0 41 41,37	124 19 17,56
	Astronomiq.	45 42 48,76		124 19 1,74
	Différence.	+ 8,97		— 15,82
				Du Colombier,
MONTCEAU (signal).....	Géodésiquem.	45 35 28,50	—3 1 49,59	223 7 22,30
	Astronomiq.	45 35 33,00		223 7 6,55
	Différence.	+ 4,50		— 15,75
				Du Granier.
MT.-COLOMBIER (signal).....	Géodésiquem.	45 52 55,88	—3 25 17,27	344 11 59,11
	Astronomiq.	45 52 49,80	3 24 53,28	344 11 40,30
	Différence.	— 6,08	— 23,99	— 18,81

NOMS DES STATIONS.		Latitudes.	Longitudes.	Azimuths.
Ligne des Pyrénées à Marseille.				
Tour de Borda.	Géodésiquem.	43° 42′ 41″,75	+3° 24′ 5″,84	De Montfort. 271° 29′ 52″,27
	Astronomiq.	43 42 42,09		271 29 11,00
	Différence.	+ 0,34		— 41,27
Phare Planier.	Géodésiquem.	43 11 55,85	—2 53 39,81	N.-D. de la Garde. 230 13 24,47
	Astronomiq.			230 12 53,30
	Différence.			— 31,17
Marseille (observatoire).	Géodésiquem.	43 17 51,60	—3 1 50,3	
	Astronomiq.	43 17 48,52	3 1 54,0 par les occultations.	
	Différence.	— 3,08	+ 4,3	

N. B. Il ne faut pas oublier que tous les réseaux trigonométriques qui mesurent ces diverses lignes sont essentiellement liés aux triangles de la méridienne *rectifiée* de Dunkerque, et qu'en orientant ces triangles au moyen de l'azimuth de Belle-Assise, tous les autres réseaux sont nécessairement donnés de direction. Les valeurs des différences insérées dans la 4e colonne ci-dessus sont donc purement relatives; mais leurs variations, qu'aucune loi ne lie entre elles, et dont les erreurs des observations ne forment qu'une très-petite partie, décèlent des influences locales qui font connaître le sens de la déviation du fil à plomb, et qui peuvent par conséquent jeter quelques lumières sur la constitution physique du terrain.

On reconnaît, à la seule inspection de ce tableau, deux anomalies notables dans les latitudes d'Évaux et de la station d'Opmes, située près du Puy-de-Dôme. La première a déja été remarquée par Delambre; la seconde, qui est un peu plus forte, est encore moins extraordinaire que la discordance de 10″,5 qui existe entre les latitudes des stations de Montceau et du Mont-Colombier, seulement distantes l'une de l'autre de 44 mille mètres environ, et que celle surtout de 47″,84 que M. Plana a trouvée lui-même dans la petite amplitude céleste, comprise entre Andrate et Mondovi (p. 345 du tom. II des *Opérations géodésiques et astronomiques relatives à la mesure d'un arc du parallèle moyen;* Milan, 1827). On remarque en outre des anomalies très-considérables dans quelques-unes des longitudes; à celle du Mont-Colombier, par exemple.

Il est facile de comprendre que les triangles substitués à ceux de la méridienne de Dunkerque, dans la partie de cette ligne où s'est manifestée une très-grande discordance, amènent de légers changements dans la position géographique des points du parallèle de Bourges, et de ceux de toutes les autres lignes trigonométriques qui ont reçu l'influence de cette discordance. Ces changements sont principalement dus à l'accroissement des côtés des triangles dont il est parlé à la page 242 de la *Nouvelle Description géométrique*. En effet, par cette rectification, la distance de Bourges à Dun-le-Roi, en partant du côté Bois-Commun—Chapelle-la-Reine, pris dans la méridienne de Delambre, s'est trouvée de 25613^{m},21 au lieu de 25609^{m},23 selon cet astronome. Ainsi toutes les chaînes qui ont été calculées au moyen de cette seconde dis-

tance sont nécessairement affectées d'une erreur provenant de cet accroissement de $3^m,98$.

Pour ne laisser rien à désirer à ce sujet, appliquons les formules différentielles citées, à la rectification de la position géographique provisoire de la station de Bréri, située sur le parallèle de Bourges.

Suivant les calculs des ingénieurs-géographes, faits avant d'avoir découvert la discordance des bases de Melun et de Perpignan,

La latitude de Bourges, conclue de celle de Paris, au moyen des triangles de la méridienne de Dunkerque, est de.................................. $52^\circ,3145'',59=H'$
et sa longitude de.................. — $0,0688,86=P'$

De plus, l'azimuth de Dun-le-Roi sur l'horizon de Bourges est de.................................. $365^\circ,7634,5=Z'$

Dans la même circonstance, la latitude de Bréri est de..... .... $51^\circ,9910'',43=H''$
et sa longitude de.................. — $3,6018,67=P''$

ainsi

$$H'-H''=0^\circ,3235'',16 \text{ et } P'-P''=3^\circ,5329'',81=\varphi.$$

Par les calculs définitifs, c'est-à-dire en passant par les triangles de rectification ou de la méridienne de Fontainebleau,
la latitude de Bourges $H'_1=51^\circ,3144'',36$
sa longitude comme ci-dessus;
et l'azimuth de Dun-le-Roi $Z'_1=365^\circ,7615$.

Il suit de là qu'à Bourges la correction de latitude, ou $dH'=-1'',23$ centésimale, et que celle d'azimuth au même point, ou $dZ'=-19'',5$.

De plus, à partir de cette station, toute distance S, quelle que soit sa direction, s'accroît à très peu près dans le rapport de $\frac{25613,21}{25609,23}$, dont le log. est 0,00006746. Si donc S_1 est cette distance corrigée, sa variation sera $S_1 - S = dS$; c'est ce qu'il faut trouver, connaissant H' H'' P' P''.

D'abord on évaluera

$$m = (P' - P'') \cos. H''; \; n = \frac{H' - H''}{1 + e^2 \cos.^2 H'} - \frac{1}{2} m^2 \sin. 1'' \text{ tang. } H';$$

et l'on aura

$$\text{tang. } \theta = \frac{m}{n}; \; U = n \text{ séc. } \theta,$$

ensuite

$$S = UN \sin. 1'',$$

N étant la normale à la latitude $\frac{H' + H''}{2}$.

Une table insérée à la p. 61 de la *Description géométrique* donne les log. de $T = \frac{1}{1 + e^2 \cos.^2 H'}$ et de N; en sorte que le calcul de S s'effectue avec assez de promptitude, et l'on a, en vertu des données numériques précédentes,

$$\log. m = 4,3836099, \; \log. n = 3,5079290;$$

pour l'azimuth de S compté du nord,

$$\theta = 91°,5734.$$

De là :

$$\log. U = 4,3874256$$
$$\log. N = 6,8053633;$$

enfin,

$$\begin{array}{lll} & \log. S=5{,}3889088 & S=244854^{m}{,}9 \\ \log. \text{const.} & 0{,}0000675 & \\ & \log. S_{1}=5{,}3889763 & S_{1}=244892{,}9 \\ & & dS=\ \ 38^{m}{,}0 \end{array}$$

et en secondes centésimales,

$$dS=3''{,}8$$

en grades, $S=2^{g}{,}4485$

Cette première opération, qui exige l'emploi des logarithmes à sept figures, procure une partie des éléments des formules différentielles citées, savoir:
correction de latitude,

$$dH''=\sin.\ \varphi\ \cos.\ H'dZ'-\cos.\ \theta\ dS+\cos.\ \varphi dH';$$

correction de longitude,

$$dP''=\frac{\cos.\ \theta \sin.\ S}{\cos.\ H''}dZ'+\frac{\sin.\ \theta}{\cos.\ H''}dS+\sin.\ \varphi\ \text{tang.}\ H''dH';$$

correction d'azimuth,

$$dZ''=\frac{\cos.\ \varphi \cos.\ H'}{\cos.\ H''}dZ'-\sin.\ \theta\ \text{tang.}\ H''dS-\frac{\sin.\ \varphi}{\cos.\ H''}dH',$$

dans lesquelles on changera le signe de dZ', ainsi que celui de dZ'', lorsque le point H'', dont on cherche à corriger la position géographique, sera à l'orient de celui H' de départ. En y appliquant les nombres ci-dessus, qui correspondent à ce cas particulier, on aura, par l'emploi des logarithmes à cinq fi-

gures, et en secondes centésimales,

$$dH''=0,736-0,501-1,228=-0'',993$$
$$dP''=0,144+5,501-0,073=+5,572$$
$$dZ''=19,365-4,010+0,100=15,455$$

ou plutôt $dZ''=-15'',455$, d'après ce qui vient d'être dit, et à cause que les azimuths se comptent du sud à l'ouest.

Partant :

$H''=51^{G},9910,43$	$P''=3^{G},6018,67$
$dH''=\quad -0,99$	$dP''=\quad +5,57$
lat. corr. $H_1''=51,9909,44$;	long. cor. $P_1''=3,6024,24$

A cette station de Bréri, l'azimuth provisoire du Mont-Poupet s'est trouvé de.......................... $254^{G},8764,9$

ajoutant $dZ''=\quad -15,5$

on a azim. corrigé $Z''_1=254,8749,4$

Tels sont les résultats auxquels M. le colonel Coraboeuf est parvenu, par des calculs moins directs, mais qu'on obtient bien plus rapidement, à l'aide de notre procédé, et sans passer par tous les points intermédiaires.

En corrigeant de la même manière la position géographique du dôme de Milan, donnée p. 469 de la *Nouvelle Description géométrique*, on a définitivement, en degrés sexagésimaux,

lat. géod.	$=45°\,27'50'',1$	long. géod.	$=6°\,51'24'',8$ (*Est*)
astronomiq.	$=45\;27\;34,9$	astronomiq.	$=6\;51\;\;3,4$
différence........	$-15,2$	différence..	$-21,4$

Si l'on pouvait regarder comme très-exacte la longitude de l'observatoire de la marine à Brest, déterminée par une série de onze signaux de feux, celle de Crozon, ainsi qu'on le voit par le tableau précédent, serait de 8″,9 plus faible, c'est-à-dire que la longitude géodésique de ce second point surpasserait sa longitude astronomique de 14″,12. D'un autre côté, la relation citée entre l'azimuth et la longitude en un point quelconque est telle que, si la correction d'azimuth est désignée par dZ, et celle de longitude par $d\varphi$, l'on a,

à l'occident $d\varphi = -dZ$ coséc. φ, à l'orient $d\varphi = dZ$ coséc. ψ,

la latitude ψ étant celle du pied de la perpendiculaire abaissée du point dont la longitude est φ, et où l'azimuth Z a été observé du sud à l'ouest.

Sans connaître précisément cette latitude ψ, qui diffère très-peu de celle de l'observatoire de Paris, quand on considère la station de Brest, on voit sur-le-champ qu'à cause de $dZ = -9'',67$, qui est l'excès de l'azimuth géodésique de Saint-Louis sur l'azimuth astronomique, la correction de longitude aurait pour expression,

$$d\varphi = 9'',67 \text{ coséc. } H' = 12'',84;$$

et cependant par les feux l'on a eu,

$$d\varphi = -14'',12.$$

Les observations azimuthales faites avec un succès incontestable sur le parallèle moyen, sont tout aussi discordantes avec celles de longitude, dont la précision ne peut être révoquée en doute. Pour le prouver, orientons les triangles de ce parallèle, à l'aide de l'azimuth observé à Opmes près de Clermont-Ferrand;

alors, l'excès de l'azimuth géodésique à Marennes sur l'azimuth observé, qui était de 29″,6 par suite de l'orientation primitive, ne sera plus que de 13″,8. Mais cet excès ne peut représenter en totalité l'erreur commise sur l'azimuth géodésique conclu de la chaîne qui lie les deux points extrêmes. En effet, en appliquant à cette chaîne comprise entre Opmes et Marennes, le calcul des probabilités, l'erreur moyenne v cherchée aura pour expression :

$$v = \frac{1}{3}\sqrt{T'^2 + T''^2 + T'''^2 + \ldots . T^{(n)2}},$$

$T' T'' T''' \ldots . T^{(n)}$ désignant les erreurs des n triangles de cette même chaîne, et en nombres,

$$v = \pm\, 2'',53.$$

En supposant d'abord v positif, son influence sur la longitude serait à très-peu près représentée par —3″,21 ; ainsi la longitude géodésique du clocher de Marennes se réduirait à

....	3°26′38″,34
et comme celle observée est de................	3.26.39,58
la différence serait $d\varphi =$	+ 1″,24

En supposant au contraire v négatif, comme il est possible que cela soit, on a,

longitude géodésique..........................	3°26′44″,75
par l'observation des feux....................	3.26.39,58
Différence $d\varphi =$	—5″,17

Ces deux différences, la première surtout, sont dans les limites des erreurs commises dans les observations de longitude;

car le temps absolu, par la méthode qui a été employée pour le déterminer aux stations d'où les feux ont été aperçus, n'a probablement été connu qu'à un quart de seconde près. Rien, dans ce cas, ne peut donc lever l'incertitude de 5 à 6 secondes de degré qui reste sur la véritable longitude de Marennes.

Voyons maintenant ce que donnerait l'observation azimuthale de la tour de Cordouan, rapportée au même clocher, et pour cela remarquons que, d'après le tableau précédent et la nouvelle orientation du parallèle,

l'azimuth géodésique de cette tour........ $=11°14'4'',81$ (*)
En le corrigeant, comme tout à l'heure, de son erreur moyenne probable, savoir : .... $-2,53$

il se réduit à......... $11.14.2,28$
or, l'observation directe ayant donné...... $11.13.50,96$

la différence $dZ=-11'',32$

Ainsi, dans cette hypothèse, la correction de longitude aurait cette valeur,

$$d\varphi=11'',32 \text{ cosée. } \psi=15'',77,$$

(*) Il faudrait à la rigueur évaluer l'effet de cette nouvelle orientation sur la latitude, la longitude et l'azimuth à Marennes; or, on trouverait par les formules de la p. 324 du tom. I de notre Traité de géodésie,

$$\delta H'=-0'',8;\ \delta P'=0'',02;\ \delta Z'=-15'',79.$$

L'azimuth de la tour de Cordouan sur l'horizon de Marennes éprouve donc une correction qui ne diffère de celle à Opmes que de $0'',03$; quantité beaucoup trop petite pour y avoir égard.

à cause de $\psi = 45° 52' 30$; c'est-à-dire qu'elle serait environ douze fois plus forte que par la méthode des feux.

Dans la seconde hypothèse, l'azimuth géodésique de la tour de Cordouan, augmenté de 2″,53, serait de. . . 11°14′ 7″,34;
retranchant sa valeur trouvée astronomiquement
de. 11.13.50,96,

on aurait $dZ =$ —16″,38

et par suite,

$$d\varphi = 22'',82;$$

ce qui est inadmissible.

Si, au lieu de corriger l'azimuth géodésique de son erreur moyenne, on le diminuait de sa plus grande erreur possible, c'est-à-dire de $3v = 7''59$, on aurait,

Azimuth corrigé. . . . . 11°13′57″,22
Selon l'observation. 11.13.50,96

Différence $dZ =$ — 6,26

et de là,

$$d\varphi = 8'',72.$$

Dans la même circonstance, la correction +7″59 multipliée par cosée. ψ exprimant celle qui est à faire à la longitude géodésique, on aurait 7″,59 cosée. ψ =10″,57, et par suite,
longit. géod. corrigée. . . . . 3°26′52″,12
et comme longit. astronom. . . . . = 3.26.39,58

La différence serait. . . $d\varphi =$ — 12″,54;

résultat inconciliable avec le précédent.

Enfin, si l'on changeait le signe de $3v$, on obtiendrait par l'azimuth,

$$dZ = -21'',44;\ d\varphi = 29'',87,$$

et par les feux,

$$d\varphi = 8'',6,$$

valeurs qui sont également en discordance et par conséquent inadmissibles (*).

Dans la nécessité où nous sommes, alors, de donner la préférence à la méthode directe des feux, pour assigner les amplitudes célestes d'un arc de parallèle, nous ferons servir les éléments astronomiques qui en dérivent, à la recherche de l'aplatissement de l'ellipsoïde osculateur.

Selon les opérations de France et d'Italie, auxquelles ont concouru des ingénieurs-géographes français et des savants étrangers, l'on a les huit arcs partiels suivants, dont les longueurs ont été évaluées par notre procédé, cité page 123 de la *Nouvelle Description géométrique*, sans égard à la rectification due à la discordance des bases dont il a été parlé

(*) Quoique la valeur de v s'accroisse en général d'autant plus que le nombre des triangles compris entre les deux extrémités d'une ligne géodésique est plus grand, cependant elle est encore assez petite à Carcassonne. En effet, cette ville est séparée de Paris par 49 triangles de la méridienne, qui donnent seulement $v = \pm 4'',52$; ainsi, la plus grande erreur $3v = \pm 13'',56$. En l'admettant avec le signe moins, quoiqu'il y ait cinquante mille à parier contre un qu'elle n'existe pas, il resterait encore dans l'azimuth de Nore une anomalie de 20'', qui ne pourrait être attribuée qu'à une influence locale.

plus haut, ni à la nouvelle orientation astronomique de ce parallèle.

ARCS PARTIELS.	AMPLITUDES		LONGUEURS en mètres non corrigées de la discordance des bases.	DIFFÉRENCES DES AMPLITUDES	
	ASTRONOMIQUES.	GÉODÉSIQUES.		EN TEMPS.	EN ARC.
			m.		
1er De Marennes à St-Preuil.	0h. 3′ 48″,990	0h. 3′ 49″,430	74407,38	—0″,440	— 6″,60
2e De St-Preuil à Sauvagnac.	0 6 23,094	0 6 22,910	124182,22	+0,184	+ 2,76
3e De Sauvagnac à Usson....	0 6 51,391	0 6 51,160	133345,51	+0,231	+ 3,46
4e D'Usson au Mt-Colombier.	0 10 22,710	0 10 24,179	202427,93	—1,469	—22,03
5e Du Mt-Colomb. au Mt-Cenis	0 4 44,030	0 4 44,342	92215,24	—0,312	— 4,68
6e Du Mt-Cenis à Milan (dôme).	0 9 0,806	0 9 0,102	175160,93	—0,704	—10,56
7e De Milan (dôme) à Padoue.	0 10 45,383	0 10 45,230	209256,28	+0,153	+ 2,29
8e De Padoue à Venise......	0 10 13,536	0 10 15,310	199551,39	—1,774	—26,61
ARC TOTAL.	1h. 2′ 9″,940	1h. 2′ 12″,663	1210546,88	—2,723	—40,84

Il est à remarquer que les longueurs des arcs appartiennent au parallèle dont la latitude est de 50g,8 = 45°43′12″. Le choix de ce parallèle résulte de ce qu'il traverse la plus grande partie des triangles qui s'étendent de l'Océan à la mer Adriatique.

Dans une première application de ces mesures, faite en 1825, d'après le désir du célèbre Laplace, nous avions substitué à la station du Colombier celle de Genève et supprimé celle du Mont-Cenis, ainsi qu'on le voit page 311 de la *Description géométrique*; mais il vaut mieux s'en tenir à cette

dernière combinaison, parce qu'elle s'effectue sur des points qui dépendent essentiellement du même parallèle, et qu'elle est, de cette manière, plus propre à mettre en évidence les irrégularités de cette ligne géodésique.

Si l'on désigne par T l'amplitude astronomique totale réduite en degrés, on aura $T=15°,5414 1667$, et la longueur de l'arc B, qui ne change pas sensiblement, malgré la nouvelle orientation, sera $B=1210546^{m},9$; alors la longueur du degré moyen β, évaluée en mêmes unités que la base de Melun, aura pour expression,

$$\beta=\frac{B}{T}=77891^{m},65.$$

Il serait facile de trouver pareillement les valeurs de β relatives à chacun des huit arcs partiels ci-dessus, et l'on verrait qu'elles sont très-discordantes, ainsi que le montrent d'ailleurs les différences d'amplitude exprimées dans le tableau précédent. Il est donc convenable d'appliquer à tous ces arcs la méthode de la somme des moindres carrés, afin de trouver la longueur la plus probable du degré moyen à la latitude de 45°43′12″. Or, en appelant x la correction à faire à β pour satisfaire à cette condition, et en désignant par ε l'erreur probable de l'amplitude T correspondante, on aura généralement cette relation :

$$\frac{240\,B}{\beta}-T-\frac{240\,B}{\beta^2}x=\varepsilon$$

lorsque l'amplitude T est exprimée en secondes de temps.

Cela posé, si $\varepsilon_{(1)}\ \varepsilon_{(2)}\ \varepsilon_{(3)}\ldots\ \varepsilon_{(n)}$ sont les erreurs qui correspondent respectivement aux arcs partiels $b_{(1)}\ b_{(2)}\ b_{(3)}\ldots\ b_{(n)}$, on aura les huit équations de condition suivantes:

$$0'',274 - 0'',00294x = \varepsilon_{(1)}$$
$$-0,463 - 0,00491x = \varepsilon_{(2)}$$
$$-0,526 - 0,00527x = \varepsilon_{(3)}$$
$$1,011 - 0,00801x = \varepsilon_{(4)}$$
$$0,114 - 0,00365x = \varepsilon_{(5)}$$
$$-1,100 - 0,00540x = \varepsilon_{(6)}$$
$$-0,622 - 0,00828x = \varepsilon_{(7)}$$
$$1,322 - 0,00789x = \varepsilon_{(8)}.$$

Multipliant chaque équation par le coefficient de x pris avec son signe, et égalant à zéro la somme de tous ces produits, on aura,

$$-0,0019341 + 0,00031687x = 0;$$

d'où l'on tire

$$x = 6^{m},13,$$

et par suite,

$$\varepsilon_{(1)} = 0'',256 \qquad \varepsilon_{(5)} = 0'',091$$
$$\varepsilon_{(2)} = -0,493 \qquad \varepsilon_{(6)} = -1,133$$
$$\varepsilon_{(3)} = -0,558 \qquad \varepsilon_{(7)} = -0,672$$
$$\varepsilon_{(4)} = 0,092 \qquad \varepsilon_{(8)} = 1,274$$

$$dT = \varepsilon_{(1)} + \varepsilon_{(2)} + \ldots + \varepsilon_{(8)}.$$

On aura donc enfin,

$$\beta = 77891^{m},65 \qquad T = 1^{h}\ 2'\ 9'',940$$
$$x = +6,13 \qquad dT = -0,272$$

Degré moyen le plus probable $\beta_{(m)} = 77897^{m},78$ Amplit. moy. la plus probable $T_{(m)} = 1^{h}\ 2'\ 9'',668$

Il ne s'agirait plus, pour trouver l'aplatissement α de l'ellipsoïde, dont les deux lignes de courbure seraient représentées par l'arc de méridien mesuré en France et celui du parallèle actuel, que de faire usage de cette formule :

$$\text{(A)} \qquad \alpha = \frac{\frac{1}{2}(B_{(m)} - A_{(m)} \text{ Cos. H.})}{B_{(m)} \left[\frac{1}{4} + \frac{135}{\pi} \text{ Sin. } (\lambda\text{-}\lambda') \text{ Cos. } (\lambda+\lambda)\right] + \frac{1}{2} A_{(m)} \text{ Cos. H. Sin. }^2 \text{H}};$$

mais il faut auparavant corriger ces deux arcs de la discordance des bases signalée précédemment. Pour cet effet, l'on calculera la base de Perpignan par celle de Melun, mais en passant par la petite méridienne de Fontainebleau, et le milieu entre cette longueur conclue et sa mesure immédiate sera la base moyenne d'après laquelle on évaluera la longueur de l'arc du méridien. On aura de la sorte et conformément à ce qui est dit page 472 de la *Nouvelle Description géométrique*,

log. de la base moyenne................	= 4. 0684571
log. de la mesure directe..............	= 4. 0684233
différence additive.......	0. 0000338

Tel est le logarithme constant que nous ajouterons à l'arc A du méridien compris entre Greenwich et Formentera, ou plutôt à l'arc moyen $A_{(m)} = \frac{A}{\lambda - \lambda'}$, pour tenir compte de la discordance des bases ; λ et λ' étant respectivement les latitudes astronomiques des extrémités nord et sud de A.

Partant,

$$\begin{array}{rl} \log. A_{(m)} = & 5{,}0457760 \\ \log.\ \text{constant} & 0{,}0000338 \\ \hline \log. A_{(m)} \text{ corrigé} = & 5{,}0458098 \end{array}$$

lequel répond à $A_{(m)} = 111124^{m},49$.

On pourrait penser tout d'abord qu'il est nécessaire d'appliquer à la valeur de $B_{(m)}$ précédente une correction proportionnelle à celle de $A_{(m)}$; mais comme le parallèle moyen est lié du côté de l'ouest à la base de Bordeaux, et du côté de l'est à celle du Tésin, il paraît plus rationnel d'adopter la mesure même provenant de ces deux bases, d'ailleurs très-concordantes, puisque la seconde déduite de la première est de 9999^m,455, et que la mesure directe a donné 9999^m,254. On ôtera donc du log. constant 0,0000498, par lequel on convertit une longueur évaluée par la base de Melun en celle qui est évaluée par la base de Bordeaux, le log. 0,0000043, et le reste 0,0000455 sera ce qu'il faudra ajouter aux logarithmes des arcs partiels du parallèle moyen, pour tenir compte de la très-petite discordance des deux bases dont il est question (p. 458 et 486 de la *Nouv. Descrip. géomét.*); ainsi,

à cause de log. β = 4,8914910
et de log. constant 0,0000455

on a log. β corrigé de la discordance des bases, = 4,8915365

lequel répond à........................ 77899^m,81
Mais, par ce qui précède, x = +6,13

donc $\beta_{(m)}$ = 77905,94

est le degré moyen probable et définitif à combiner avec l'arc $A_{(m)}$ = 111124^m,49.

Effectuant le calcul qu'exige la formule (A), dans laquelle on a en outre

$$\lambda = 51°28'40'',00$$
$$\lambda' = 38.39.56,11$$
$$\text{et } H = 45.43.12.$$

on trouvera enfin,

$$\alpha = 0,0041145 = \frac{1}{243};$$

tandis qu'en ne faisant subir aucune correction à l'arc de méridien, on aurait $\frac{1}{235}$ (p. 460 de la *Descrip. géom.*)

C'est à ce résultat même que l'on parvient en combinant les deux arcs compris en France, savoir : l'arc de méridien intercepté entre le parallèle de Dunkerque et celui de Montjoui, et l'arc du parallèle moyen qui s'étend de Marennes au Mont-Colombier.

Voici, dans ce cas, quelles sont les données du problème :

Lat. de Dunkerque $\lambda = 51°\ 2'\ 8'',50$ arc intercepté
Lat. de Montjoui $\lambda' = 41.21.46,55$ $A = 551583^{\text{tois.}},6$
Longueur de l'arc de parallèle, $B = 534363^{\text{m}},04$
Amplitude corrigée par la méthode la plus avantageuse.....
....$T = 0^h27'26'',352$
$= 6°,859733$

Cet arc correspond à la latitude........$H = 45°43'\ 12''$;

de là.........log. $\beta_{(m)} = \frac{B}{T} = 4,8915270$
comme ci-dessus, log.
const.......................... 0,0000455

Log. $\beta_{(m)}$ corrigé de la
discordance des bases... $= 4,8915725$, répondant à 77906^{m}, 3
on a de plus log. $A_{(m)} = 5,0459150$.. ....111151, 4

6.

A l'aide de ces différentes valeurs on trouve :

$$\alpha = \frac{1}{242,8};$$

si l'on se fût borné à employer l'amplitude céleste de B non corrigée, on aurait eu $77913^m,5$ au lieu de $77906^m,3$, et alors le dénominateur de α aurait diminué de sept unités environ.

Toutefois, cette valeur d'aplatissement terrestre ne jouit pas de la propriété d'établir un parfait accord entre tous les résultats géodésiques et astronomiques rapportés précédemment; car si l'on examine, chacune en particulier, leurs différences relatives aux stations de droite et de gauche du méridien de Paris, l'on est porté à conclure, au contraire, que la portion de surface de la France comprise entre l'Océan et ce méridien est celle d'un sphéroïde irrégulier dont l'aplatissement est très-petit, et que l'autre portion de surface située à l'est de ce même méridien est celle d'un sphéroïde également irrégulier, mais dont l'aplatissement surpasse de beaucoup $\frac{1}{309}$ et même le précédent; c'est ce que l'on verra bientôt.

Nous terminerons ce que nous nous sommes proposé de dire, concernant la recherche des dimensions du sphéroïde osculateur, au point où se coupent les deux grandes lignes géodésiques que nous considérons, en faisant remarquer que si l'on adoptait la 1re valeur de α, l'on trouverait par les formules connues, et en désignant par a b les rayons de l'équateur et du pôle,

$$\log. a = 6,8047945, \quad a = 6379616^m$$
$$\log. b = 6,8030039, \quad b = 6353366.$$
$$\text{quart du méridien, } Q = 10000473^m$$
$$\text{carré de l'excentricité, } e^2 = 0,008212.$$

Tous les calculs des positions géographiques de la carte de France supposent l'aplatissement

$$\alpha = 0{,}00324;$$

mais l'on a eu ci-dessus 0,00411;

donc $d\alpha = +0{,}00087.$

Ces mêmes calculs supposent en outre

$$Q = 10000324^{m};$$

mais par ce qui précède on a.................. 10000473,

donc $dQ = +149,$

et, par conséquent,

$$\frac{dQ}{Q} = 0{,}0000149.$$

L'arc du parallèle moyen pourrait, sans doute, être combiné avec un arc de méridien autre que celui de France; mais nous pensons qu'il est toujours plus sûr de déterminer l'aplatissement terrestre par la comparaison de deux arcs de méridiens mesurés à des latitudes très-différentes, parce que leurs amplitudes peuvent être connues avec plus de précision.

Nous avons dit, tout à l'heure, que les deux nappes principales dont la surface de la France se compose, et qui sont à peu près séparées par le méridien de Paris, appartiennent en général à deux ellipsoïdes irréguliers ayant des aplatissements très-différents l'un de l'autre. Ce fait peut facilement

être constaté par une application des formules différentielles démontrées aux p. 121 et 127 de la *Nouvelle Description géométrique*, et qui servent à corriger immédiatement les positions géographiques calculées dans une certaine hypothèse d'aplatissement, pour les faire concorder avec un autre aplatissement.

Ces formules sont :

$$(1)\quad dH' = \frac{3}{2}\frac{d\alpha}{\sin. 1''}\sin.(H'-H)\cos.(H'+H) - \frac{dQ}{Q}(H'-H)$$

$$(2)\quad dP' = -d\alpha(\sin.^2 H' + \tfrac{1}{2})\, P' - \frac{dQ}{Q}P'$$

$$(3)\quad dZ' = [d\alpha(\sin.^2 H' + \tfrac{1}{2})P' + \frac{dQ}{Q}P']\sin.\psi$$

$$(4)\quad \cot.\psi = \cot. H' \cos. P';$$

et, dans cette dernière, ψ est la latitude du pied de la perpendiculaire abaissée du point H′ sur le méridien de H. Comme il s'agit ici du problème inverse, c'est-à-dire de celui où les corrections en latitude, en longitude et en azimuth, sont données dans le 1er tableau précédent, nous supposerons inconnues la correction $d\alpha$ d'aplatissement, et celle dQ du quart du méridien; alors H sera la latitude invariable du point de départ situé sur le premier méridien, H′ celle géodésique du point calculé avec l'aplatissement $\alpha = 0{,}00324$, quelle que soit la distance de ce second point au premier, P′ sa longitude déterminée de la même manière; enfin dH', dP', dZ' représenteront respectivement les corrections à faire aux angles H′, P′, Z′ pour les faire coïncider avec les observations célestes.

On remarquera que les angles azimuthaux sont, dans le tableau cité, comptés constamment du sud à l'ouest, et que la

longitude P′ est positive ou négative, selon qu'elle est occidentale ou orientale : ainsi on pourra, dans la formule (2), prendre toujours P′ positivement, et ajouter algébriquement à cette longitude sa correction dP'; mais dans la formule (3) il faudra prendre P′ négativement, si le point que l'on considère est à l'est de la méridienne. Cela est important, pour ne pas tirer de ces formules une conséquence erronée.

Si au moyen de la 1re et de la 3e, on voulait déterminer l'aplatissement propre à établir plus d'harmonie entre la latitude et l'azimuth conclus à la station d'Angers, et les mêmes éléments déduits d'observations astronomiques très-précises, on y ferait $dH' = -3'',88$, et $dZ' = -16'',71$ selon les données rapportées dans le 1er tableau précédent; et comme la latitude de l'observatoire de Paris est $H = 48°50'13'',2$, que celle d'Angers est $H' = 47°28'10'',67$, et sa longitude $P' = +2°53'21'',57$, on aurait, en faisant d'ailleurs, pour abréger, $\frac{dQ}{Q} = dq$, on aurait, disons-nous,

$$-3'',88 = 811'',02\, d\alpha + 4922'',53\, dq$$
$$-16,71 = 7999,7\, d\alpha + 7669,7\, dq,$$

équations qui se changent en celles-ci :

$$-0,0047841 = d\alpha + 6,06960\, dq$$
$$-0,0020889 = d\alpha + 0,95874\, dq,$$

et desquelles on tire :

$$dq = -0,00052734;\; d\alpha = -0,0015834;$$

par suite :

$$dQ = 5273^{m},6;$$

mais, par hypothèse,

$$\alpha = 0{,}0032400$$

ajoutant $$d\alpha = -0{,}0015834$$

on a $$\alpha' = \quad 0{,}0016566 = \frac{1}{603{,}6}.$$

C'est l'aplatissement que devrait avoir l'ellipsoïde terrestre pour que, partant de Paris, la latitude et l'azimuth géodésiques à Angers s'accordassent avec les déterminations astronomiques. Dans ce calcul, nous avons négligé d'avoir égard aux erreurs possibles des observations, parce qu'il est reconnu que les résultats géodésiques et astronomiques en France en sont très-peu affectés. D'ailleurs, nous nous proposons bien moins de déterminer rigoureusement l'aplatissement dont il est question, que de mettre en évidence les irrégularités de la terre. Ceux qui seraient curieux de déterminer les limites entre lesquelles l'aplatissement α est renfermé, remarqueront que l'azimuth à Crozon, déduit de celui de Belle-Assise, en suivant le parallèle de Brest, n'est connu qu'à $5''{,}2$ près : telle est son erreur moyenne ou celle dont la probabilité est $\frac{1}{2}$. Quant à l'erreur de l'azimuth astronomique au même lieu, elle est bien moindre, par le soin porté dans l'observation. (Voyez p. 219 de la *Nouv. Descript. géomét.*)

En appliquant successivement les mêmes formules à toutes les stations situées à l'occident du méridien de Paris, et combinées avec la position de l'observatoire royal, on a :
à Crozon,

$$-1''{,}55 = 392{,}74\,d\alpha + 2123''{,}15\,dq$$
$$-9{,}67 = 19435{,}0\,d\alpha + 18396{,}0\,dq,$$

de là

$$dq = -0{,}0007828\,;\; d\alpha = 0{,}0002852$$
$$\alpha' = \alpha + d\alpha = 0{,}0035252 = \frac{1}{283{,}7}\,;$$

à Angers,

$$-3'',88 = 811'',02\, d\alpha + 4922'',53\, dq$$
$$-16{,}71 = 7999{,}7\; d\alpha + 7669{,}7\; dq,$$

de là

$$dq = -0{,}0052734\,;\; d\alpha = -0{,}0015834$$
$$\alpha' = 0{,}0016566 = \frac{1}{603{,}6}\,;$$

à Puits-Berteau,

$$+0'',69 = 915'',61\; d\alpha + 5773'',35\; dq$$
$$-24{,}28 = 681{,}35\, d\alpha + 655{,}18\, dq,$$

de là

$$dq = 0{,}0068097\,;\; d\alpha = -0{,}0421844$$
$$\alpha' = -0{,}038944 = -\frac{1}{25{,}67}\,;$$

à la Ferlanderie,

$$-3'',83 = 1333'',0\; d\alpha + 11128'',33\; dq$$
par un milieu) $$-28{,}05 = 7893{,}3\; d\alpha + 7792{,}0\; dq,$$

de là

$$dq = 0{,}000092433,\; d\alpha = -0{,}0036448$$
$$\alpha' = -0{,}0004048 = -\frac{1}{2470{,}4}\,;$$

à la Tour de Borda,

$$+\ 0'',34 = 1229'',1\ d\alpha + 18451'',45\ dq$$
$$-41,27 = 8279,5\ d\alpha + 8469,7\ dq,$$

de là

$$dq = 0,00037609\ ;\ d\alpha = -0,00536943$$
$$\alpha' = -0,00212943 = -\frac{1}{469,6}.$$

Tous ces aplatissements particuliers, qui passent du positif au négatif en allant du nord au midi, dévoilent certainement de grandes irrégularités dans les parallèles terrestres. Par exemple, de Brest à Angers le rayon de l'équateur excède celui du pôle; mais à Puits-Berteau il s'opère un changement tellement brusque, que la concordance des résultats géodésiques et astronomiques ne saurait être établie en ce point, sans supposer Paris et Puits-Berteau sur un ellipsoïde très-alongé. Ensuite, relativement à la Ferlanderie, près de Saintes, les deux demi-axes sont presque égaux; et à l'égard de la Tour de Borda, le rayon du pôle redevient sensiblement plus grand que celui de l'équateur. Il suit évidemment de là qu'aucun ellipsoïde de révolution, même en faisant la plus grande part possible aux erreurs d'observation, ne satisfait exactement à la fois à toutes les stations que nous venons de considérer; mais il paraît que la sphère tient à peu près le milieu entre les deux sphéroïdes aplati et alongé qu'on obtiendrait en groupant d'une part les stations qui répondent à un aplatissement positif, et d'autre part les stations qui répondent à un aplatissement négatif. Voyons donc quels sont les résultats auxquels on parvient lorsque, dans le calcul des posi-

tions géographiques, on fait l'aplatissement nul. Dans ce cas, soit $d\alpha = -0{,}00324$, et $dq = 0$; les dix relations précédentes donneront successivement :

A Crozon,

	$dH' = -1'',27$		$dZ' = -62'',97$
il fallait	$-1,55$	il fallait	$-9,67$
erreur en lat.	$+0,28$	erreur en azim.	$-53,30$

A Angers,

	$dH' = -2''62$		$dZ' = -25'',92$
il fallait	$-3,88$	il fallait	$-16,71$
erreur	$+1,26$	erreur	$-9,21$

A Puits-Berteau,

	$dH' = -3'',03$		$dZ' = -2'',21$
il fallait	$+0,69$	il fallait	$-24,28$
erreur	$-3,72$	erreur	$+22,07$

A la Ferlanderie,

	$dH' = -4'',32$		$dZ' = -25''57$
il fallait	$-3,83$	il fallait	$-28,05$
erreur	$-0,49$	erreur	$+2,48$

A la Tour de Borda,

	$dH' = -3'',98$		$dZ' = -26'',82$
il fallait	$+0,34$	il fallait	$-41,27$
erreur	$-4,32$	erreur	$+14,45$

Ainsi, à l'exception de l'azimuth géodésique de la station de Crozon, les erreurs de ceux qui se rapportent aux quatre autres stations sont beaucoup plus faibles sur la sphère que sur l'ellipsoïde dont l'aplatissement $= 0,00324$. On ne peut cependant se refuser à reconnaître que ni la sphère ni cet ellipsoïde ne conviennent, à la rigueur, à la station de la Tour de Borda, et qu'il existe à Puits-Berteau, dans la figure de la terre, une irrégularité qui fait dévier la méridienne de l'observatoire de Paris de la direction qu'elle aurait sans cela.

Examinons, par le même procédé, ce qui se passe à l'orient de la même méridienne, en supposant toujours les ellipsoïdes particuliers tangents à la surface de la terre, au point dont la latitude est $H = 48^\circ 50' 13'',2$.

On a, en vertu des données précédentes, extraites de la *Nouvelle Description géométrique* et rectifiées convenablement,

A Bréri,

$$-\ 5'',23 = 1083'',0\, d\alpha + 7362'',6\, dq$$
$$+\ 37,87 = 8781,2\, d\alpha + 8514,5\, dq.$$

De là

$$dq = -0,0015684;\ d\alpha = 0,0058339$$
$$\alpha' = \alpha + d\alpha \doteq 0,0090739 = \frac{1}{110,21}.$$

A Opmes,

$$+\ 8'',97 = 1337'',8\,d\alpha + 11253'',4\,dq$$
$$+\ 15,82 = 1812,9\,d\alpha + \ 1790,7\,dq.$$

De là,

$$dq = -0,00027229\,;\ d\alpha = 0,0089956$$
$$\alpha' = 0,0122356 = \frac{1}{81,72}$$

A Montceau,

$$+\ 4'',50 = 1352'',6\,d\alpha + 11684,7\,dq$$
$$+\ 15,75 = 7878,4\,d\alpha + \ 7798,1\,dq.$$

De là,

$$dq = 0,00018404\,;\ d\alpha = 0,0017370$$
$$\alpha' = 0,0049770 = \frac{1}{200,9}.$$

Au Mont-Colombier,

$$-\ 6'',08 = 1312'',1\,d\alpha + 10637'',2\,dq$$
$$+\ 18,81 = 8987,1\,d\alpha + \ 8850,7\,dq.$$

De là,

$$dq = -0,00094447\,;\ d\alpha = 0,003023$$
$$\alpha' = 0,006263 = \frac{1}{159,67}.$$

A Genève,

$$-\ 0'',24 = \ 1249'',9\,d\alpha + \ 9493'',46\,dq$$
$$+\ 16,29 = 14023,0\,d\alpha + 13736,92\,dq \text{ (équat. 2).}$$

De là,

$$dq = -0{,}00020469;\ d\alpha = 0{,}0013621$$
$$\alpha' = 0{,}0046021 = \frac{1}{217{,}3}.$$

A Marseille,

$$-\ 3'',08 = 1112'',5\, d\alpha + 19941'',6\, dq$$
$$+\ 31{,}17 = 6713{,}5\, d\alpha + 7137{,}7\, dq.$$

De là,

$$dq = -0{,}00043079;\ d\alpha = 0{,}0049532$$
$$\alpha' = 0{,}0081932 = \frac{1}{122{,}05}$$

De ce côté du méridien, tous les aplatissements obtenus en combinant les stations deux à deux, se trouvent positifs et plus grands que celui de 0,00324 adopté dans les calculs des déterminations géodésiques relatives à la carte de France. Leurs variations assez sensibles accusent néanmoins, comme à l'occident, de grandes inégalités à la surface de la terre.

Il est naturel, dans cette circonstance, de chercher, par la méthode la plus avantageuse, un ellipsoïde qui soit approprié le mieux possible à la totalité des stations mentionnées, et, dans ce but, nous mettrons les douze équations précédentes sous cette forme :

$$-\ 0{,}0048291 = d\alpha + 6{,}79830\, dq$$
$$+\ 0{,}0043127 = d\alpha + 0{,}96964\, dq$$
$$+\ 0{,}0067052 = d\alpha + 8{,}41180\, dq$$
$$+\ 0{,}0087267 = d\alpha + 0{,}98775\, dq$$

$$+\ 0{,}0033270 = d\alpha + 8{,}63910\, dq$$
$$+\ 0{,}0019192 = d\alpha + 0{,}98980\, dq$$
$$-\ 0{,}0046337 = d\alpha + 8{,}10690\, dq$$
$$+\ 0{,}0020930 = d\alpha + 0{,}98483\, dq$$
$$-\ 0{,}0019202 = d\alpha + 7{,}59630\, dq$$
$$+\ 0{,}00116170 = d\alpha + 0{,}97962\, dq$$
$$-\ 0{,}0027686 = d\alpha + 17{,}9250\, dq$$
$$+\ 0{,}0045086 = d\alpha + 1{,}0324\, dq.$$

D'abord, en les ajoutant, l'on a cette relation,

$$+\ 0{,}0203307 = 12\, d\alpha + 63{,}42144\, dq.$$

Ensuite, en multipliant chacune d'elles par le coefficient de dq qui y est contenu, et ajoutant tous les produits, il vient cette seconde relation,

$$-0{,}013778 = 63{,}42144\, d\alpha + 642{,}23402\, dq,$$

laquelle étant combinée avec les précédentes donne,

$$dq = -0{,}00039478;\ d\alpha = 0{,}0037805$$
$$\alpha' = \alpha + d\alpha = 0{,}0070205 = \frac{1}{142{,}44}$$

Cet aplatissement convient assez bien à l'ensemble des observations astronomiques faites à l'orient du méridien de Paris; on en jugera encore mieux en cherchant, comme précédemment, les erreurs commises en latitude, en azimuth et en longitude. Si l'on effectue ce calcul en substituant dans les douze équations combinées, pour $d\alpha$ et dq leurs valeurs ci-dessus, on aura,

A Montceau,

	$dH' = 0'',50$		$dZ' = 26'',70$
il fallait	$+ 4,50$	il fallait	$+ 15,75$
erreur en lat.	$- 4'',0$	erreur en azim.	$+ 10'',95$

Au Mont-Colombier,

	$dH' = 0'',76$		$dZ' = 30'',48$
il fallait	$- 6,08$	il fallait	$+ 18,81$
erreur	$+ 6,84$,	erreur	$+ 11,67$

A Bréri,

	$dH' = 1'',19$		$dZ' = 29'',84$
il fallait	$- 5,23$	il fallait	$+ 37,87$
erreur	$+ 6,42$,	erreur	$- 8,03$

A Opmes,

	$dH' = 0'',62$		$dZ' = 6'',15$
il fallait	$+ 8,97$	il fallait	$+ 15,82$
erreur	$- 8,35$,	erreur	$- 9,67$

A Genève,

	$dH' = 0'',98$		$dP' = 47'',59$ (d'après
il fallait	$- 0,24$	il fallait	$+ 16,29$ l'éq. 2)
erreur	$+ 1,22$	erreur	$+ 31,30$

A Marseille,

	$dH' = -3'',67$		$dZ' = 23'',32$
il fallait	$-3,08$	il fallait	$+31,17$
erreur	$-0,59,$	erreur	$-7,85$

Quoique, sur l'ellipsoïde actuel, les erreurs en azimuth soient de beaucoup moindres que sur l'ellipsoïde fictif qui a $\frac{1}{309}$ d'aplatissement, cependant les latitudes sont loin d'y être bien représentées aux mêmes stations, si ce n'est pourtant à Marseille. De quelque manière qu'on si prenne donc, pour tâcher d'atténuer ces erreurs par le choix d'un ellipsoïde de révolution, il en est qui sont inhérentes aux irrégularités de la terre, et qui se manifestent dans toutes les hypothèses; ainsi, de ce côté du méridien comme de l'autre côté, la déviation du fil à plomb est incontestable. C'est aussi ce qu'indique, dans le tableau précédent des arcs du parallèle moyen, la colonne des différences d'amplitude.

En définitive, ni l'aplatissement $\frac{1}{142,44}$ trouvé ci-dessus, ni ceux auxquels ou parviendrait en groupant séparément les stations occidentales, comme nous l'avons dit précédemment, ne seraient déterminés d'une manière absolue, quant à présent, malgré l'exactitude des données sur lesquelles on les ferait reposer : il y a lieu de croire au contraire qu'ils seraient tous modifiés si l'on multipliait davantage, dans le même espace, le nombre des stations, ou si l'on changeait le point de tangence commun des ellipsoïdes, ou si l'on employait de nouvelles différences de longitudes astronomiques et géodésiques. Mais il est suffisamment prouvé que les deux parties

de la surface de la France que nous venons d'examiner (autant, du moins, que le permet l'état actuel de la géodésie encore incomplète du royaume) sont très-dissemblables, et que l'arc du méridien terrestre, dans notre contrée, est une courbe à double courbure très-prononcée, puisque si la terre était réellement un solide de révolution, les différences entre les azimuths géodésiques et les azimuths astronomiques correspondants seraient nulles sur tous les points de cette ligne, quel que fût l'aplatissement, abstraction faite toutefois des petites erreurs d'observation. Enfin il est incontestable que quand la direction du fil à plomb dont dépendent essentiellement les valeurs absolues des coordonnées géographiques d'un point de la terre, est troublée, soit par l'attraction de quelque montagne voisine, soit parce que la densité du terrain est plus grande ou plus petite que la densité générale de la croûte terrestre, on ne peut vérifier non-seulement la loi de la variation des degrés des méridiens et des parallèles dans l'hypothèse elliptique, mais en outre la relation qui existe, sans cette cause perturbatrice, entre les azimuths et les longitudes sur un sphéroïde irrégulier peu différent d'une sphère. Ainsi les anomalies nombreuses qui ressortent des comparaisons précédentes tiennent nécessairement à des variations d'une grande étendue dans la nature du sol de la France et de l'Italie, et les mesures géodésiques, comme celles du pendule à secondes, lorsqu'elles réunissent toutes les conditions requises, sont éminemment propres à les signaler aux géologues.

MÉMOIRE

SUR

L'USAGE PHYSIOLOGIQUE DE L'OXIGÈNE,

CONSIDÉRÉ

DANS SES RAPPORTS AVEC L'ACTION DES EXCITANTS.

PAR M. DUTROCHET.

Lu à l'Académie des Sciences, le 30 janvier 1832.

Tous les physiologistes savent que l'oxigène est, pour ainsi dire, l'*aliment de la vie;* c'est par son intervention que le mouvement vital existe ; sans lui, il n'y a ni faculté de sentir, ni faculté de se mouvoir, les excitants sont alors sans action. La question de savoir quel est l'usage physiologique de l'oxigène est donc la question la plus importante peut-être de la science des corps vivants. Les tentatives qui ont été faites pour résoudre cette question n'ont eu pour but, jusqu'à ce jour, que de déterminer comment l'oxigène, en se fixant dans le

tissu organique, entretient la chaleur animale; encore doit-on convenir que cette question est loin d'être complétement résolue. Mais le phénomène de la production de la chaleur animale n'est qu'un des effets de l'introduction de l'oxigène dans l'organisme : son usage le plus important, usage dont le mécanisme est le plus ignoré, est celui d'entretenir l'excitabilité. Comment l'oxigène intervient-il dans l'action des excitants sur l'organisme vivant? Le physiologiste qui essaierait d'attaquer ce problème de front se perdrait en efforts superflus. Comment, en effet, observer un phénomène qui a son siége dans le tissu le plus intime des organes vivants, et qui se dérobe ainsi à tous nos sens? Pour faire quelques pas dans une route aussi ténébreuse, il faut donc être guidé par une de ces lueurs inattendues que la nature manque rarement de faire briller aux yeux de l'observateur qui la scrute avec persévérance jusque dans ses retraites les plus cachées. C'est en observant les animalcules infusoires que cette lueur a frappé mes yeux.

On confond généralement parmi les animalcules des infusions, beaucoup d'animaux microscopiques qui ne méritent point le nom d'*infusoires*. Il existe, par exemple, sur beaucoup de plantes, des animalcules microscopiques qui, doués, comme le rotifère, de la faculté de ressusciter, meurent pendant la sécheresse, et reprennent la vie lorsque les feuilles des plantes sont de nouveau mouillées par la pluie. Telles sont, par exemple, toutes les mousses, parmi lesquelles je me bornerai ici à citer celle qui est désignée par Linné sous le nom d'*hypnum filicinum*. Cette plante étant récoltée par un temps pluvieux et mise dans l'eau, fait voir à l'instant même une multitude d'animalcules de diverses formes qui, vérita-

bles amphibies, vivaient sur la plante humide et continuent de vivre au milieu de l'eau, dans laquelle ils nagent avec vivacité. Ces animalcules, pourvus d'une organisation très-apercevable au microscope, ne sont point de véritables animalcules infusoires. Ils n'apparaissent que dans les infusions à froid et jamais dans les infusions qui ont bouilli. Il ne faut, au plus, que trois ou quatre jours pour leur apparition dans les infusions à froid de la mousse vivante, mais non mouillée; tandis qu'il faut, au moins, quinze jours d'infusion pour l'apparition des véritables animalcules infusoires, lesquels apparaissent également dans les infusions à froid et dans les infusions qui ont bouilli. Ce sont ces derniers animalcules, seuls véritables infusoires, qui sont l'objet des observations qui vont suivre. Je les désignerai, pour abréger, sous le nom d'*infusoires de la mousse.*

Le premier phénomène que présente l'eau dans laquelle on a mis macérer de la mousse est la formation d'une pellicule à sa surface : cette pellicule est entièrement composée de globules, et il m'a paru que ce sont ces globules qui deviennent des animalcules infusoires. Ce qu'il y a de certain, c'est que c'est exclusivement de cette pellicule que naissent les infusoires, lesquels ne se multiplient point par génération. Aussi lorsque cette substance qui produit les infusoires est enlevée, ou lorsqu'elle a perdu par la décomposition sa faculté productrice, il ne se produit plus de nouveaux infusoires, et ceux-ci, placés dans certaines circonstances, vieillissent tous ensemble et meurent sans laisser de postérité, sans s'accroître en nombre, ainsi que nous le verrons plus bas.

Lorsque ces infusoires sont nouvellement produits, ils présentent un instinct très-remarquable, c'est celui de se

réunir en troupes. Ce phénomène offre un spectacle fort curieux lorsqu'on examine au microscope une goutte d'eau chargée de ces infusoires ; ils ne tardent pas à se grouper et à se rassembler en une ou en plusieurs troupes : ils présentent dans l'eau un spectacle entièrement semblable à celui qu'offre dans l'air un essaim d'abeilles fixé en grappe, autour de laquelle on voit voltiger les abeilles encore éparses : de même on voit nager autour du groupe des infusoires ceux qui n'y sont pas réunis. Ce phénomène atteste chez ces animalcules un *instinct d'association* qui prouve incontestablement leur animalité. Cet instinct d'association n'est plus aussi marqué quelques jours après qu'on a commencé à l'observer, et il finit par disparaître complétement lorsqu'il y a environ dix à douze jours que ces animalcules sont produits. Un autre instinct fort remarquable de ces infusoires est celui de fuir la lumière. Ainsi, lorsqu'on met l'eau qui les contient dans un tube de verre fixé verticalement près d'une fenêtre, ils viennent tous se poser à l'état d'immobilité sur la paroi du tube opposée à la fenêtre de laquelle vient la lumière, et ils y restent fixés pendant un certain temps. Ce second instinct disparaît comme le précédent, lorsque les infusoires sont parvenus seulement à l'âge de dix jours.

Passons actuellement à l'étude d'un autre phénomène que présentent les infusoires de la mousse : pour l'observer, je mets de l'eau chargée de ces infusoires dans un flacon de cristal alongé et aplati. Les flacons dont je me sers pour cette observation ont de deux à trois pouces de longueur, et leur cavité a huit à dix lignes dans son plus grand diamètre, et trois à quatre lignes seulement dans son plus petit diamètre, qui est le sens de l'aplatissement du flacon. Le liquide con-

tenu dans ces flacons aplatis est beaucoup plus facile à observer par transparence qu'il ne le serait s'il était contenu dans des tubes de verre.

Je mis dans un de ces flacons de l'eau chargée d'infusoires de la mousse; l'eau ne s'élevait pas jusqu'au goulot, en sorte que sa surface en contact avec l'air avait toute l'étendue que pouvait permettre la capacité du flacon. Je vis, à la loupe, les infusoires épars dans le liquide se réunir sur la paroi du flacon qui était opposée à la lumière; ils se fixèrent sur cette paroi, et bientôt après je les vis se précipiter vers le fond de l'eau; ensuite ils remontèrent épars vers la surface, et là ils se réunirent de manière à former une sorte de nuage épais près de la surface de l'eau. Bientôt il se détacha de ce nuage une colonne nuageuse composée d'animalcules pressés, qui descendit vers le fond du flacon. Arrivée dans le bas, l'extrémité inférieure de cette colonne nuageuse dispersa ses animalcules réunis, lesquels remontèrent épars vers la surface et se réunirent de nouveau au nuage d'infusoires qui existait dans cet endroit, et duquel ces mêmes infusoires continuaient de descendre, tantôt en une seule colonne, tantôt en colonnes multiples. Ainsi, les animalcules étaient soumis à un mouvement non interrompu de descente et d'ascension alternatives; ils descendaient pressés, ils remontaient épars. Je m'empressai de rechercher quelle était la cause de ce phénomène.

On sait que l'eau, dans les tubes de verre, présente un mouvement de circulation par lequel elle transporte les corps légers qu'elle tient en suspension. J'ai publié mes observations sur ce phénomène circulatoire, et j'ai fait voir qu'il cesse d'avoir lieu lorsque la température est inférieure à + 10 degrés R. Or, mon observation sur les infusoires de la mousse se faisait

par une température inférieure à + 10 degrés. Ce n'est donc point à cette cause que je pouvais attribuer la descente et l'ascension alternatives des infusoires; ce mouvement d'ailleurs n'était nullement circulatoire. Lorsque j'ai observé ce même phénomène plus tard et par une température élevée, j'ai vu que le mouvement circulatoire de l'eau était réuni au mouvement de descente et d'ascension des animalcules, et toutefois ces deux phénomènes, quoique associés, étaient faciles à distinguer l'un de l'autre. Il était facile de voir que la descente des animalcules était occasionée par l'augmentation momentanée de leur pesanteur spécifique, et je jugeai que c'était à l'oxigène qu'ils absorbaient près de la surface de l'eau qu'ils devaient l'augmentation de poids qui occasionait leur descente. Pour m'en assurer, je couvris la surface de l'eau d'une couche d'huile. La descente des animalcules fut à l'instant interrompue; ceux qui étaient descendus remontèrent, et tous ces animalcules se réunirent en nuage près de la surface et y demeurèrent nageant avec vivacité; leur foule agitée se tint constamment dans cette position élevée. J'enlevai l'huile en l'aspirant avec un tube. Dès que l'eau eut le contact de l'air, les infusoires commencèrent à descendre en colonnes nuageuses pressées, et leur mouvement subséquent d'ascension les ramena ensuite vers la surface, en sorte que l'alternative de la descente et de l'ascension de ces animalcules se trouva rétablie. Je fis la même expérience avec le même résultat en bouchant le flacon avec son bouchon de cristal sans y laisser d'air. Le mouvement de descente des animalcules, suspendu par cette occlusion, se rétablit lorsque j'ôtai le bouchon. J'obtins encore les mêmes résultats en mettant le flacon dans le vide, ou même dans de l'air raréfié seulement par deux

coups de piston de la pompe pneumatique. Le mouvement de descente des animalcules était interrompu, et il se rétablissait aussitôt que l'air soustrait leur était rendu. Enfin, j'ai vu s'abolir le mouvement de descente des infusoires de la mousse, en mettant le flacon qui les contenait sous un petit récipient de verre fermé par du mercure et contenant un petit fragment de phosphore auquel je ne mettais pas le feu. L'absorption de l'oxigène, opérée à la température de l'atmosphère, par le phosphore, était suffisante, au bout de deux ou trois heures, pour que l'air contenu sous le récipient ne contînt plus assez d'oxigène pour pouvoir en céder aux animalcules, qui cessaient alors de descendre dans l'eau. Ceux qui étaient descendus remontaient, et tous ces infusoires demeuraient, sous forme d'un nuage, près de la surface de l'eau, comme dans les expériences précédentes.

Ces expériences prouvent incontestablement que la descente des animalcules est occasionée par l'augmentation de poids que leur donne l'oxigène qu'ils absorbent près de la surface de l'eau qui, elle-même, l'emprunte à l'atmosphère. L'ascension subséquente de ces animalcules prouve qu'ils ont perdu dans le fond de l'eau l'oxigène qu'ils avaient acquis à sa surface, et qui leur avait donné une pesanteur spécifique supérieure à celle du liquide dans lequel ils nagent; redevenus spécifiquement plus légers que l'eau, ils sont portés vers sa surface par un mouvement ascensionnel. Or, comment s'opère cette perte de l'oxigène acquis? c'est ce que l'observation directe n'apprend point ici. Mais nous pouvons le déterminer par induction. Tous les êtres vivants, sans exception, absorbent de l'oxigène et versent de l'acide carbonique. C'est donc sous la forme d'acide carbonique qu'ils rejettent l'oxigène qu'ils

ont absorbé. Il ne paraît donc pas douteux que ce ne soit sous cette forme d'acide carbonique que les infusoires de la mousse perdent l'oxigène qu'ils avaient acquis. Cette perte devient sensible dans le fond de l'eau par la diminution de leur poids, parce qu'étant alors plus éloignés de la source de l'oxigène, ils sont moins à même de réparer la perte de cette substance, qu'ils ne le sont lorsqu'ils sont plus rapprochés de l'air atmosphérique dans lequel l'eau puise ce gaz.

Il résulte de ces observations, qu'il y a dans la vie des infusoires de la mousse un jeu continuel d'oxidation et de désoxidation. L'oxigène introduit dans leur organisme n'y reste pas, du moins en entier; il ne fait que le traverser, et il en sort, entraînant avec lui du carbone devenu superflu.

Lorsque le flacon dans lequel on observe les infusoires de la mousse est en observation depuis trois à quatre jours, on voit que le nuage que forment ces animalcules, près de la surface de l'eau, s'est éloigné un peu de cette surface. Ce nuage reste suspendu *entre deux eaux*, et, de là, les animalcules descendent, comme à l'ordinaire, en colonnes nuageuses, puis se dispersent dans le fond de l'eau; ils remontent vers le nuage supérieur qui flotte dans le milieu de l'eau, et ils s'y réunissent pour descendre de nouveau. Les jours suivants, ce nuage supérieur suspendu entre deux eaux continue de s'abaisser, occupant successivement une place plus basse dans le liquide, et les animalcules qui le composent présentent toujours le même phénomène de descente et d'ascension alternatives. Ce phénomène ne cesse point d'avoir lieu, même lorsque le nuage supérieur, graduellement abaissé, n'est plus situé qu'à une ou deux lignes au-dessus du fond de l'eau; on voit toujours les animalcules descendre et remonter alterna-

tivement, et c'est toujours l'oxigène acquis en haut et perdu en bas qui cause cette descente et cette ascension alternatives, car j'ai expérimenté que toujours on fait cesser leur mouvement de descente en ôtant à la surface de l'eau le contact de l'air atmosphérique, qui est la source où l'eau puise l'oxigène qu'elle livre à l'absorption des animalcules; ainsi, ces derniers reçoivent l'oxigène atmosphérique au travers de la couche plus ou moins épaisse d'eau qui les sépare de l'air, mais sans doute avec moins de facilité et moins d'abondance que lorsque leur nuage supérieur était flottant près de la surface de l'eau.

L'abaissement graduel du nuage des animalcules fait que ces infusoires finissent par être définitivement précipités dans le fond de l'eau. Alors cesse nécessairement leur mouvement de descente et d'ascension; on sent que cette précipitation complète doit arriver d'autant plus promptement que le flacon a moins d'élévation, et, par conséquent, l'eau moins de profondeur. Ainsi précipités, les animalcules continuent de vivre pendant un temps plus ou moins long, et ils finissent par mourir de vieillesse sans laisser aucune postérité; ils sont nés à peu près ensemble, ils ont vieilli ensemble et ils meurent ensemble.

Le phénomène physiologique qui nous frappe dans l'état de vieillesse des infusoires de la mousse est l'augmentation graduelle de leur pesanteur spécifique *fixe*. Nous avons vu que ces animalcules, en absorbant de l'oxigène, acquièrent instantanément une augmentation de pesanteur spécifique qui les fait descendre au fond de l'eau, et qu'ils perdent promptement cette pesanteur acquise, en sorte que, redevenus légers, ils remontent dans le liquide. Or, le progrès de leur âge nous

montre qu'ils perdent graduellement la faculté de remonter vers la surface de l'eau après leur descente, en sorte qu'ils ne remontent dans ce liquide qu'à une élévation qui va toujours en diminuant. Les infusoires de la mousse acquièrent donc, par le progrès de l'âge, une matière qui augmente d'une manière *fixe* leur *pesanteur spécifique*, et cependant ils continuent toujours d'avoir en même temps une *pesanteur spécifique variable* par l'effet de l'acquisition et de la perte successives de l'oxigène. Quelle est la matière dont l'adjonction donne à ces animalcules une *pesanteur spécifique fixe* toujours croissante? Une expérience bien simple donne la solution de cette question. Je ferme le flacon qui contient des animalcules vieillis avec son bouchon de cristal, sans y laisser d'air. De cette manière, les animalcules se trouvent réduits à l'oxigène qui est dissous dans l'eau du flacon, et cette substance est bientôt consommée par eux, sans que sa perte puisse se réparer. Dès le premier jour, on voit les animalcules remonter plus haut dans l'eau, ce qui prouve qu'ils ont perdu une partie de la matière qui occasionait leur précipitation. Le second jour, tout mouvement de descente et d'ascension alternatives a cessé; les animalcules sont épars dans l'eau, et spécialement vers la partie supérieure. Dans cet état de choses, le bouchon du flacon étant ôté et l'air rendu à la surface de l'eau, on ne tarde pas à voir les animalcules recommencer à descendre pour remonter ensuite. Leur nuage supérieur, qui est l'origine et l'aboutissant de ce double mouvement, n'est plus, comme auparavant, situé profondément dans l'eau, il est près de sa surface. Les animalcules ont perdu la matière qui leur donnait une *pesanteur spécifique fixe*, supérieure à celle des couches les plus élevées de l'eau, et il est évident,

par cette expérience, que cette matière est l'oxigène. Ainsi, en vieillissant, les infusoires de la mousse acquièrent de l'oxigène qui se fixe dans leur organisme, et qui augmente leur *pesanteur spécifique fixe*. Cet oxigène fixé ne peut plus être éliminé par l'action chimique intérieure qui opère la désoxidation, laquelle succède sans cesse à l'oxidation, ainsi que nous venons de le voir; mais il peut être éliminé lorsque l'oxigène du dehors, venant à diminuer considérablement, l'oxidation de l'organisme ne s'opère plus comme dans l'état naturel. Alors, l'action chimique intérieure désoxidante agit pour éliminer cet oxigène fixé, sur lequel, sans cela, elle eût été sans empire, et l'animalcule, débarrassé de son oxigène surabondant, redevient spécifiquement léger, comme il l'était dans sa jeunesse. L'accumulation de l'oxigène fixé dans l'organisme étant le seul phénomène appréciable par lequel se manifeste l'état de vieillesse des infusoires de la mousse, nous sommes autorisé à considérer cette accumulation comme la cause qui différencie *l'état de jeunesse* de ces animalcules de leur *état sénile*. Nous verrons plus bas que l'accumulation de l'oxigène dans l'organisme est la cause réelle de la diminution de l'excitabilité, diminution qui est, chez tous les animaux, le signe caractéristique de l'*état sénile*. Nous pouvons donc, dès à présent, considérer l'état sénile comme le résultat d'une oxidation persistante de l'organisme. Nous avons vu que cette oxidation, qui est persistante dans l'état naturel chez les infusoires de la mousse, cesse de l'être et disparaît lorsqu'ils sont en grande partie privés d'oxigène extérieur. Cette élimination de l'oxigène persistant doit donc être considérée comme un véritable *rajeunissement*. Dépouillé de son oxigène fixé, l'animalcule devient, par cela même, plus oxi-

dable. Alors le jeu de l'oxidation et de la désoxidation alternatives, jeu qui paraît être le phénomène fondamental de la vie, a bien plus d'amplitude, c'est-à-dire, que l'oxigène alternativement acquis et perdu est bien plus considérable. Cette *amplitude* diminue graduellement par le progrès de l'âge ou de la vieillesse.

Il résulte de ces observations que, dans le jeu de l'oxigénation et la désoxigénation alternatives des infusoires de la mousse, la désoxigénation est toujours légèrement inférieure à l'oxigénation. Cette différence est tout à fait insensible à des distances de temps rapprochées; mais comme ces légères différences s'ajoutent sans cesse les unes aux autres, elles deviennent sensibles par leur réunion au bout d'un certain temps : l'animalcule, vieilli par l'accumulation de l'oxigène fixé dans son organisme, et qu'il ne peut plus perdre par l'action ordinaire de ses fonctions vitales, peut rajeunir au moyen d'une privation ménagée et suffisamment prolongée d'oxigène extérieur, privation qui force l'oxigène fixé, peu solidement à ce qu'il paraît, à s'éliminer. J'ai rajeuni ainsi des infusoires de la mousse jusqu'à six fois.

Étudions maintenant quel est l'effet des causes excitantes sur les infusoires.

La chaleur a une influence très-marquée sur le phénomène de l'oxigénation de ces animalcules. Lorsque la température est élevée, comme elle l'est en été, la descente des animalcules est rapide. En hiver, au contraire, lorsque la température est basse, cette descente est très-lente, et elle le devient d'autant plus que la température approche davantage du terme de la congélation de l'eau. Ainsi, la chaleur agit en excitant l'oxigénation des animalcules. Cet effet a lieu pour l'*oxigé-*

nation fixe comme pour l'*oxigénation transitoire* que suit immédiatement la désoxigénation. Il résulte de là que la vieillesse ou l'état sénile des infusoires de la mousse doit arriver, quand il fait froid, beaucoup plus tard que lorsqu'il fait chaud. C'est aussi ce que l'expérience m'a fait voir. Dans l'espace de dix jours, par une température de + 20 degrés, les infusoires de la mousse sont ordinairement vieillis de manière à être tout-à-fait précipités dans un flacon de deux pouces de hauteur; il faut plus de vingt jours, par une température de + 8 à 10 degrés, pour amener ces animalcules au même degré d'état sénile.

L'action excitante de la lumière est très-puissante pour favoriser l'oxigénation des infusoires de la mousse. On les voit descendre en colonnes plus nombreuses et plus volumineuses lorsqu'ils sont soumis à une vive lumière que lorsqu'ils sont éclairés par une lumière faible. Ainsi, l'action excitante de la lumière sur ces infusoires a pour effet d'exciter leur oxidation, et cela avec d'autant plus d'énergie que la lumière est plus vive; en sorte que la lumière solaire agit, à cet égard, beaucoup plus énergiquement que la lumière diffuse. Ces expériences m'ont donné lieu de faire des observations bien importantes pour la théorie générale de l'excitation, et pour l'appréciation de la cause de la *fatigue*, qui est le résultat de l'excitation vive ou prolongée. Ayant soumis à l'action de la lumière solaire des animalcules dont le nuage supérieur était encore situé près de la surface de l'eau, je vis bientôt ce nuage supérieur s'abaisser un peu dans l'eau, et, de cette position abaissée, la descente des animalcules avait lieu comme à l'ordinaire, et était suivie de leur ascension. Je mis le flacon dans l'obscurité; le nuage supérieur des animal-

cules remonta un peu vers la surface de l'eau. Une nouvelle exposition des animalcules à la lumière solaire occasiona de nouveau l'abaissement de leur nuage supérieur, qui se releva derechef dans l'obscurité. Il me fut prouvé par ces expériences, que l'excitation produite chez les infusoires de la mousse par une vive lumière avait pour effet 1° d'augmenter l'activité de l'*oxidation transitoire,* à laquelle succédait immédiatement la désoxidation; 2° de déterminer une *oxidation temporairement fixe*, oxidation dont la fixité ne durait qu'autant que durait l'action de la cause excitante qui était la cause de son existence, et qui disparaissait dans l'absence de cette cause excitante, c'est-à-dire par le *repos.* Cette oxidation, dont la fixité est liée à la continuité d'action de la cause excitante, est le phénomène physiologique qui constitue ici la *fatigue.* La *cause excitante* est véritablement une cause déterminante d'oxidation. Lorsque cette cause d'oxidation est très-puissante, elle devient supérieure à la cause intérieure de désoxidation qui existe naturellement dans l'être vivant, et l'oxigène s'accumule dans l'organisme; lorsque cette cause excitante de l'oxidation vient à diminuer ou à s'absenter tout-à-fait, la cause intérieure de la désoxidation reprend l'empire, et elle élimine l'oxigène peu solidement fixé qui constituait l'état de *fatigue.* Ainsi, la fatigue n'est point un *épuisement*, comme on le dit vulgairement, c'est véritablement une *réplétion* ou un *encombrement.* On ne récupère point par le repos ce que l'on avait perdu par l'excitation, comme on le pense généralement; au contraire, on perd par le repos la substance dont l'excitation avait surchargé l'organisme. La cause chimique intérieure qui opère l'élimination de cette substance, de cet oxigène fixé, possède dans la jeunesse une activité

qui diminue par le progrès de l'âge. Ainsi, j'ai expérimenté que de jeunes infusoires de la mousse soumis à l'action de la lumière solaire ne manifestent en aucune façon qu'ils éprouvent de la fatigue par l'effet de cette vive excitation, dont le seul effet est d'augmenter considérablement le jeu de leur descente et de leur ascension alternatives. Leur nuage supérieur ne s'abaisse point, il reste toujours à la surface de l'eau. Il n'en est pas ainsi lorsqu'on soumet à la même cause excitante des animalcules qui ont déja commencé à vieillir, dont le nuage supérieur est déja flottant entre deux eaux. La vive excitation de la lumière leur fait éprouver promptement une fatigue profonde qui se manifeste par l'abaissement considérable de leur nuage supérieur. Si on les soustrait à cette vive excitation, leur nuage supérieur remonte dans l'eau, mais non jusqu'à l'élévation qu'il possédait avant l'excitation qui a produit son abaissement. Cela prouve qu'une partie de l'oxigène fixé par l'excitant, et produisant l'état temporaire de *fatigue*, est demeurée dans l'organisme à l'état d'oxigène fixé définitivement et constituant l'*état sénile*. On voit, par ces expériences, comment les excitations qui ne fatiguent point dans la jeunesse fatiguent considérablement dans un âge plus avancé. On voit comment ces mêmes excitations, qui ne paraissent laisser après elles aucune trace de progrès d'état sénile dans la jeunesse, font marcher rapidement, vers cet état sénile, l'être vivant déja avancé en âge. Plus il y a dans l'organisme d'oxigène fixé définitivement et constituant l'état sénile, plus il a de disposition à s'augmenter. Chaque excitation, chaque fatigue, laisse après elle un petit accroissement d'oxigène sénile.

Ces observations prouvent que, chez les animalcules, la

fatigue produite par une vive excitation consiste, comme l'état sénile, dans une accumulation d'oxigène fixé sur les organes; mais il y a cette différence entre l'*état sénile* et la *fatigue*, que l'oxigène, dont la fixation constitue cette dernière, est fixé peu solidement, et ne manque pas d'être éliminé, au moins en grande partie, lorsque la cause excitante qui a déterminé sa fixation devient absente ou diminue d'énergie ; tandis que l'oxigène fixé qui produit l'état sénile résiste à la cause intérieure qui opère ordinairement l'élimination de l'oxigène ajouté à l'organisme par les excitants. Cet oxigène fixé qui constitue l'état sénile ne peut être éliminé par la cause intérieure dont je viens de parler, que lorsque l'organisme est privé, dans certaines proportions, de l'afflux de l'oxigène du dehors, comme l'expérience nous l'a fait voir plus haut. L'action excitante par laquelle la lumière détermine l'oxidation des infusoires de la mousse est de beaucoup plus énergique quand la température est élevée que lorsqu'elle est basse. Par le froid, ces infusoires marquent à peine qu'ils éprouvent de l'influence de la part de la lumière solaire elle-même : l'oxidation qui les fait descendre dans l'eau est alors à peine accélérée, tandis que, lorsqu'il fait chaud, la lumière, et spécialement la lumière solaire, augmente énergiquement leur oxidation, qui se manifeste par les phénomènes de pesanteur indiqués plus haut. Le froid diminue donc la faculté que les infusoires de la mousse ont d'éprouver l'action par laquelle la lumière les excite à s'oxider : cette faculté, cette *excitabilité* est augmentée par la chaleur.

Les observations qui viennent d'être exposées nous montrent à découvert le mécanisme de l'action des deux causes excitantes, la chaleur et la lumière, qui agissent sur l'orga-

nisme animal comme causes excitantes d'oxigénation. Une troisième cause excitante que nous allons étudier agit de la même manière. Cette cause excitante est la pression qui résulte de la secousse imprimée à l'eau qui contient les infusoires de la mousse. Un flacon contenant ces animalcules étant soumis à une lumière faible, leur descente dans l'eau et leur ascension subséquente s'établissent avec une vitesse modérée et proportionnée à l'activité de leur oxigénation. Si l'on frappe de petits coups avec un marteau sur la table qui supporte le flacon, on voit bientôt augmenter le nombre et le volume des colonnes descendantes d'animalcules. Ainsi, la commotion mécanique, qui n'est dans le fait qu'une modification de pression, est une cause excitante d'oxigénation pour les infusoires de la mousse. Toutes les observations s'accordent donc pour prouver que les excitants agissent sur l'organisme vivant en le déterminant à s'adjoindre l'oxigène qui est à sa portée.

Les résultats qui viennent d'être exposés touchant l'action des excitants sur l'organisme ne sont déduits que de l'action des trois causes excitantes que l'on peut appeler *physiques*, la chaleur, la lumière et la pression; mais les causes excitantes que l'on peut appeler *chimiques*, celles qui consistent dans l'application à l'organisme de substances en solution, agissent-elles de la même manière? déterminent-elles aussi la fixation de l'oxigène sur la matière organique? Ici l'observation n'apprend encore rien. Toutefois, comme il est certain que l'intervention de l'oxigène est aussi nécessaire pour l'action de ces causes excitantes *chimiques*, qu'elle l'est pour l'action des causes excitantes *physiques*, il demeure presque démontré que le mécanisme de l'action de toutes les causes excitantes

sur l'organisme est le même; que toutes agissent en modifiant l'oxidation de la manière organique soumise à leur influence. Ceci nous explique l'usage de l'oxigène dans l'organisme vivant. C'est sur cette susbtance et sur la matière organique simultanément que les causes excitantes agissent pour les déterminer à s'associer. Les *causes excitantes* ne sont ainsi pour l'organisme que des *causes déterminantes d'oxigénation*. L'*excitabilité* est ainsi une véritable *combustibilité*, laquelle a besoin, pour être mise en jeu, de l'intervention d'une *cause déterminante* ou *excitante*. Cette *excitabilité*, cette *combustibilité organique* est très-grande dans la jeunesse, parce qu'alors l'organisme est éminemment oxidable, il ne possède presque point d'oxigène fixé définitivement. Alors il y a une grande facilité d'oxidation, et les causes excitantes qui agissent en déterminant cette oxidation exercent leur influence avec une extrême facilité. Par le progrès de l'âge et par l'effet du nombre des excitations, il se fixe définitivement de l'oxigène dans l'organisme, lequel se trouve ainsi en partie *brûlé ou oxidé* d'une manière définitive. Ce phénomène a nécessairement pour effet de diminuer la combustibilité qui est mise en jeu par les excitants, c'est-à-dire l'*excitabilité*. Alors les excitants ont peu d'empire sur l'organisme, parce que, tendant à lui adjoindre de l'oxigène, ils le trouvent déja en partie saturé définitivement de cette substance. Nous voyons ainsi la confirmation de ce que nous avons établi plus haut, savoir, que l'accumulation de l'oxigène définitivement fixé chez les infusoires de la mousse constitue véritablement leur *état sénile*, puisque cette accumulation produit progressivement la diminution de l'*excitabilité*, diminution qui est généralement le signe caractéristique de l'état de vieillesse. Ainsi,

c'est avec pleine raison que nous avons dit que les infusoires de la mousse étaient *rajeunis*, lorsque nous leur avons fait perdre l'oxigène fixé qui avait été accumulé chez eux par le progrès de l'âge et par le nombre des excitations. Chez ces infusoires, l'état sénile est réduit à sa plus simple expression, il paraît n'être point compliqué de ces nombreuses altérations organiques que produit la vieillesse chez les animaux d'un ordre plus élevé. Ils ont seulement diminué considérablement de *combustibilité* par le fait de l'accumulation chez eux du principe comburant, et ce principe peut être artificiellement éliminé, en sorte que le phénomène de la vie est ramené à ses conditions initiales : il y a *rajeunissement*, retour de la combustibilité ou de l'excitabilité qui existait dans la jeunesse. La saturation d'*oxigène sénile* anéantit nécessairement la combustion organique vitale, c'est-à-dire *la vie*.

Du moment qu'il nous est démontré que les causes excitantes agissent sur la matière organique vivante en la déterminant, en l'*excitant* à s'adjoindre l'oxigène qui est à sa portée, il devient facile de voir pourquoi l'excitabilité disparaît lorsque l'oxigène cesse d'être introduit dans l'économie vivante. Nous pouvons même suivre, chez les végétaux, l'enchaînement de tous les phénomènes qui ont lieu depuis l'action de la cause excitante extérieure qui agit sur une sensitive, par exemple, jusqu'au mouvement des organes locomoteurs de cette plante. J'ai démontré, dans un précédent mémoire, que la sensitive perd complétement son excitabilité lorsqu'elle a été privée de l'air contenu dans ses organes aérifères par un séjour de plusieurs heures sous le récipient de la pompe pneumatique. Alors elle ne se meut ni sous l'influence de la lumière, ni sous l'influence des chocs, etc. Son excitabilité est donc liée à

l'existence de l'oxigène gazeux dans son tissu. Voyons comment son *excitabilité* est liée à sa *locomotilité*. J'ai fait voir, dans un précédent ouvrage, que l'organe que j'ai désigné, chez la sensitive, par le nom de *bourrelet*, et qui serait mieux nommé organe *moteur*, est composé de cellules décroissantes de grandeur de dehors en dedans. J'ai fait voir que c'est l'endosmose de ces cellules décroissantes qui occasionne l'incurvation du tissu organique qu'elles composent. J'ai démontré que c'est cette incurvation dans un sens ou dans un autre qui meut les feuilles. Actuellement, si nous voulons savoir comment les causes excitantes agissent pour déterminer les mouvements de ces organes, il ne s'agit que de savoir comment l'endosmose de ces mêmes organes est modifiée par les causes excitantes. Or, rien n'est plus facile d'après ce qui vient d'être exposé. Une cause excitante, telle que la chaleur, la lumière, une pression, un choc, agit sur la sensitive. Cette cause excitante modifie rapidement l'oxigénation des liquides organiques; cette modification de l'oxigénation des liquides, ou de *certains liquides*, modifie leur densité; la modification de la densité des liquides modifie l'endosmose; l'endosmose modifiée produit le changement de la force d'incurvation de l'organe moteur ou de l'une de ses parties, et le mouvement de la feuille s'ensuit. Nous voyons ainsi comment l'*excitabilité* est liée à la *locomotilité* chez les végétaux. Ces deux *propriétés vitales* ne sont, dans le fait, que des phénomènes de physique générale enchaînés dans un ordre déterminé. Leur mécanisme nous est pleinement dévoilé par l'observation. L'*excitabilité* est, comme je l'ai dit, une véritable *combustibilité*, ou une *oxidabilité*, laquelle a besoin, pour être mise en jeu, de l'intervention d'une cause *déterminante* ou *excitante*.

Il résulte des observations précédentes, qu'il existe, chez les êtres vivants, une alternative continuelle d'oxidation et de désoxidation. L'oxidation présente trois modifications différentes : 1° l'*oxidation transitoire*, sans cesse détruite par la cause de désoxidation qui existe dans l'organisme vivant, et sans cesse renouvelée ; 2° l'*oxidation temporairement fixe ;* c'est celle qui constitue la *fatigue ;* elle est détruite pendant le repos, c'est-à-dire, pendant l'absence des causes *excitantes* ou *oxidantes,* par la cause de désoxidation qui existe dans l'organisme vivant ; 3° l'*oxidation fixe ;* c'est elle qui constitue l'*état sénile.*

Les observations précédentes nous montrent combien est utile l'observation des êtres vivants les plus simples. Chez eux, on peut voir à découvert des phénomènes que les animaux d'un ordre plus élevé ne nous montreraient jamais. Cette étude sert, en outre, à grandir le cercle de nos idées physiologiques ; elle nous apprend à ne point considérer comme merveilleux certains phénomènes que ne présentent point les animaux des classes plus élevées. Les êtres dont l'organisation est simple ont, par cela même, certains priviléges que ne possèdent point les êtres dont l'organisation est complexe. Celui qui ne connaîtrait que la physiologie de l'homme considérerait comme des merveilles fabuleuses la reproduction que les salamandres, que les écrevisses, font de leurs pattes lorsqu'on les leur coupe ; il refuserait de croire que le limaçon reproduit sa tête amputée ; que certains vers aquatiques, étant coupés transversalement en deux, la moitié antérieure reproduit une queue, et que la moitié postérieure reproduit une tête, qui est pourvue de ses yeux et de ses autres organes ; que les polypes coupés par morceaux deviennent autant de poly-

pes qu'il y a de fragments. A côté de ces phénomènes, qui seraient d'étranges merveilles pour des animaux d'un ordre élevé, et qui sont ici dans l'ordre de la nature, peut se placer le phénomène du rajeunissement des animalcules de la mousse, phénomène que l'on peut mettre en parallèle avec celui de la résurrection de certains animalcules, et notamment du rotifère de Spallanzani, résurrection dont on a douté à tort, car j'ai expérimenté plusieurs fois que ce phénomène est des plus incontestables.

Cette résurrection, au reste, n'est pas plus merveilleuse que ne l'est celle des embryons séminaux qui, après avoir vécu et s'être développés dans la graine lorsqu'elle tenait à l'ovaire, se dessèchent dans la graine mûre, et restent ainsi quelquefois, pendant plus d'un siècle, dans un véritable *état de mort sans désorganisation*, et avec possibilité de retour à la vie lorsqu'on leur rend l'eau et la température nécessaire pour la germination. La résurrection des embryons séminaux, celle des rotifères, le rajeunissement des infusoires de la mousse, cesseront de nous paraître des phénomènes merveilleux lorsque nous serons familiarisés avec cette idée, que la vie n'est qu'un phénomène physique qui, comme beaucoup d'autres, peut, dans certains cas, être ramené à ses conditions initiales lorsqu'il est voisin de sa terminaison, et qui, lorsqu'il a été interrompu par l'absence de ses conditions d'existence, peut, aussi, dans certains cas, être remis en jeu par le retour de ces mêmes conditions.

DU MÉCANISME

DE LA

RESPIRATION DES INSECTES.

Par M. DUTROCHET.

Lu à l'Académie des Sciences, le 28 janvier 1833.

La respiration des insectes s'exécute toujours par le moyen de trachées qui transportent l'air respirable dans toutes les parties du corps; ce fait ne souffre point d'exception; il s'observe chez les insectes *aériens* comme chez les insectes *aquatiques*. On conçoit sans peine que l'habitation de deux milieux aussi différents doit apporter une différence tranchée dans le mécanisme de l'introduction de l'air respirable dans les trachées.

Les insectes *aériens* introduisent l'air extérieur dans leurs trachées au moyen d'actions musculaires particulières qui paraissent devoir être en quelque sorte analogues aux actions musculaires qui opèrent la déglutition. Ce fait se montre évidemment dans l'observation de Réaumur, qui a vu certaines

libellules se gonfler d'air comme des ballons, immédiatement après qu'elles ont quitté leur enveloppe de nymphe. La faculté qu'ont les insectes d'expulser l'air contenu dans leurs trachées n'est pas moins évidente; on voit cette expulsion dans une foule de circonstances, et notamment dans la production de cette sorte d'écume dont s'environnent certains insectes, écume formée par un liquide visqueux dans lequel l'air expulsé forme de petites bulles, comme cela aurait lieu dans l'eau de savon. Il est donc bien certain qu'il y a, chez les insectes aériens, des actions musculaires particulières qui opèrent alternativement l'introduction de l'air extérieur dans les trachées, et l'expulsion de l'air vicié qui doit être porté hors de ces organes. Le mécanisme de ces actions n'est point encore connu, et ce n'est point de sa détermination que j'ai l'intention de m'occuper ici. C'est la respiration des insectes aquatiques qui va être l'objet spécial de mes recherches.

Les insectes aquatiques tantôt puisent leur air respirable immédiatement dans l'atmosphère en venant respirer à la surface de l'eau, tantôt ils le puisent dans l'eau qui les environne, et cela au moyen d'appareils que l'on nomme *branchies*, bien que ces appareils n'aient rien de commun avec les *branchies* des animaux à circulation. Chez ces derniers, le sang qui parcourt les appareils branchiaux s'empare de l'oxigène dissous dans l'eau, en sorte que ce gaz passe immédiatement de l'état de dissolution dans l'eau à l'état de combinaison avec le liquide organique circulant. Les choses se passent bien différemment dans les appareils branchiaux des insectes; ici l'oxigène passe immédiatement de l'état de dissolution dans l'eau à l'état de gaz élastique pour remplir les trachées, et servir à la respiration dans toutes les parties où ces trachées

le transportent. Ainsi, à proprement parler, aucun insecte ne respire l'air dissous dans l'eau, comme le font les animaux à circulation pourvus de branchies; tous les animaux de cette classe respirent l'air élastique, les uns en l'empruntant directement à l'atmosphère, les autres en opérant l'extraction de celui qui est dissous dans l'eau. Les branchies des insectes aquatiques diffèrent ainsi très-essentiellement de ce qu'on appelle également les *branchies* chez les animaux à circulation; ces organes des insectes aquatiques sont, pour la respiration, des organes *préparatoires* destinés à rendre à l'air dissous dans l'eau l'état élastique, seul état sous lequel il puisse servir à la respiration des insectes. Comment, par quel mécanisme l'air dissous dans l'eau passe-t-il à l'état élastique et est-il introduit dans les trachées ramifiées à l'infini dans les branchies des insectes? C'est ce que l'on ignore entièrement.

J'ai pensé que la solution de ce problème pouvait se trouver dans l'étude de l'action réciproque de l'eau aérée et des différents gaz que contiennent les trachées des insectes; l'air contenu dans ces organes est indubitablement de l'air atmosphérique que la respiration tend à priver en tout ou en partie de son oxigène et auquel elle ajoute du gaz acide carbonique; car tels sont les deux effets généraux de la respiration. Il fallait donc savoir ce qui arrive lorsque le gaz azote et le gaz acide carbonique sont en contact avec l'eau aérée. Ces phénomènes ont déja été étudiés en partie par MM. de Humboldt et Gay-Lussac (1). On sait, par leurs expériences, que

(1) *Journal de Physique*, t. LX, p. 129.

l'oxigène, mis en contact avec l'eau aérée, en déloge du gaz azote en s'y dissolvant, et que le gaz azote, en se dissolvant de même dans l'eau aérée, en déloge du gaz oxigène; ils ont vu que 77 parties de gaz oxigène, en se dissolvant dans l'eau, en délogeaient 37 parties de gaz azote, et que 14 parties de gaz azote, en se dissolvant de même dans l'eau aérée, en délogeaient 11 parties de gaz oxigène; ainsi, dans les deux expériences, ils ont vu diminuer le volume du gaz renfermé sous l'eau, puisque, dans l'une comme dans l'autre, ce gaz perdait plus par sa dissolution dans l'eau qu'il ne gagnait par l'adjonction du gaz qu'il délogeait de ce liquide. Le travail important dont il est ici question ne contient aucune expérience sur les résultats de la dissolution du gaz acide carbonique dans l'eau. J'ai dû tenter de remplir cette lacune de la science, et en même temps j'ai répété et varié les expériences de MM. de Humboldt et Gay-Lussac sur la dissolution des gaz oxigène et azote dans l'eau aérée. J'ai obtenu les mêmes résultats généraux que ces deux habiles expérimentateurs, c'est-à-dire l'extraction du gaz azote de l'eau par la dissolution du gaz oxigène, et l'extraction du gaz oxigène de l'eau par la dissolution du gaz azote; mais j'ai trouvé que les proportions relatives de ces gaz extraits et dissous n'étaient point toujours celles qu'ils indiquent; ainsi j'ai constaté avec eux qu'un volume déterminé de gaz oxigène, en se dissolvant dans l'eau aérée, en extrait ou en déloge un volume moindre de gaz azote, en sorte que l'on voit diminuer le volume du gaz qui est renfermé dans le récipient plongé sous l'eau. Mais contradictoirement à ce qu'ils ont observé, j'ai vu que le volume du gaz azote qui se dissout dans l'eau tranquille est inférieur au volume du gaz oxigène qui se dégage de l'eau pendant cette dissolution, en sorte que

l'on voit augmenter le volume du gaz qui est renfermé dans le récipient. Je me suis assuré de ce résultat par un grand nombre d'expériences. Voici le détail de l'une d'elles : je mis vingt centimètres cubes de gaz azote pur sous un petit récipient de verre que je plongeai renversé dans un bocal plein d'eau. Quinze jours après, je trouvai que le volume du gaz, qui était primitivement de 100, se trouvait porté à 106; il s'était accru environ d'un centimètre cube. Ce gaz se trouva composé de 0,90 d'azote et de 0, 10 d'oxigène. Ainsi les 106 parties de ce gaz étaient composées de 95,4 parties d'azote et de 10,6 parties d'oxigène. Il en résulte que le gaz renfermé sous le récipient avait perdu, par la dissolution dans l'eau, 4,6 parties d'azote, et avait acquis, par extraction de l'eau, 10,6 parties d'oxigène. Ainsi l'eau avait livré à ce gaz environ deux fois et demie plus d'oxigène qu'elle ne lui avait enlevé d'azote. Dans une expérience semblable, dont je n'examinai les résultats qu'au bout de vingt-cinq jours, je trouvai sous le récipient un gaz composé de 0,79 d'azote et de 0,21 d'oxigène, c'est-à-dire de l'air atmosphérique, dont le volume était plus considérable que celui du gaz azote mis en expérience. Il me parut fort probable que j'obtiendrais les mêmes résultats en mettant de petites vessies pleines de gaz azote plonger dans l'eau d'un bocal; ici une difficulté se présentait: toutes les matières organiques absorbent l'oxigène et surtout lorsqu'elles se pourrissent; des vessies animales plongées dans l'eau passent assez rapidement à la putréfaction, il devait y avoir absorption de l'oxigène contenu dans leur cavité. C'est effectivement ce que j'expérimentai. Je remplis un cœcum de poule de gaz azote, et je le plongeai dans un bocal plein d'eau; je disposai de même un autre cœcum rempli d'air

atmosphérique. Dix jours après, je trouvai dans mes deux cœcums du gaz azote infect; l'oxigène de celui qui contenait primitivement de l'air atmosphérique avait été complétement absorbé. Il me fallait donc, pour les expériences que je me proposais, rendre des vessies imputrescibles : c'est ce que je fis en les tannant avec l'infusion d'écorce de chêne. Ayant rempli un cœcum de poule ainsi tanné avec du gaz azote, je le tins plongé dans un bocal plein d'eau pendant quinze jours. Je jugeai, à l'augmentation du gonflement du cœcum, que le gaz qu'il contenait avait augmenté de volume. L'analyse de ce gaz me fit voir qu'il était composé de 0,16 d'oxigène et de 0,84 d'azote. Ainsi il me fut démontré que le gaz azote, séparé de l'eau aérée par une membrane organique, extrait du gaz oxigène élastique de ce liquide de la même manière que cela a lieu lorsque ce même gaz azote est en contact immédiat avec l'eau. Nous voyons même que, dans l'expérience précédente faite avec un cœcum tanné, l'azote a extrait de l'eau, dans l'espace de quinze jours, plus d'oxigène que n'en avait extrait dans le même temps l'azote mis en contact immédiat avec l'eau dans l'expérience rapportée plus haut; cela dépend probablement de la différence de l'étendue des surfaces par lesquelles le gaz azote se trouve en rapport avec l'eau.

Après avoir rempli un cœcum de poule de gaz azote, je l'ai plongé dans de l'eau acidulée avec de l'acide nitrique; j'ai établi une autre expérience semblable en acidulant l'eau avec de l'acide hydrochlorique. Ces deux acides étaient en quantité suffisante pour empêcher la putréfaction des vessies animales dans lesquelles le gaz azote était contenu. Au bout de quinze jours, je trouvai que le gaz contenu dans le cœcum plongé dans l'eau nitrique était composé de 0,89 d'azote et de 0,11

d'oxigène. Le gaz contenu dans le cœcum plongé dans l'eau hydrochlorique était composé de 0,85 d'azote et de 0,15 d'oxigène.

Dans toutes ces expériences, faites dans l'eau tranquille, il y eut constamment augmentation du volume du gaz mis en expérience; il y eut moins de gaz azote dissous dans l'eau qu'il n'y eut de gaz oxigène livré par l'eau aérée au gaz azote; les choses se passèrent différemment dans les mêmes expériences faites dans l'eau courante. Je mis vingt centimètres cubes de gaz azote sous un petit récipient de verre que je plongeai renversé dans une eau courante. Au bout de neuf jours, je trouvai le volume du gaz, supposé primitivement de 100 *parties*, réduit à 52 *parties*, c'est-à-dire à un peu plus de la moitié de son volume primitif. Ce gaz contenait 0,91 d'azote et 0,09 d'oxigène. Ainsi les 52 *parties* restantes du gaz contenaient seulement 47,3 *parties* du gaz azote primitivement mis en expérience, et il y avait été ajouté 4,7 *parties* de gaz oxigène. J'obtins des résultats analogues en mettant dans l'eau courante des vessies animales tannées remplies de gaz azote.

On voit, par ces expériences, que le gaz azote mis en contact immédiat avec l'eau aérée, ou bien séparé de ce liquide par une membrane perméable qui n'est réellement point un obstacle au contact immédiat du gaz et de l'eau, livre à ce dernier liquide du gaz azote qu'il dissout, et lui enlève du gaz oxigène, lequel passe de l'état de dissolution à l'état élastique. Dans l'eau tranquille, la quantité du gaz azote dissous par l'eau est inférieure à la quantité du gaz oxigène que l'eau fournit au gaz azote, en sorte que le volume du gaz renfermé sous l'eau se trouve augmenté; dans l'eau courante, au con-

traire, la quantité du gaz azote dissous par l'eau est beaucoup supérieure à la quantité du gaz oxigène que l'eau fournit au gaz azote, en sorte que le volume du gaz renfermé sous l'eau se trouve diminué. L'eau courante, en dissolvant une quantité considérable de l'azote avec lequel elle se trouve en contact, ne laissant pas de lui fournir de l'oxigène, il en résulte que le gaz azote restant se trouve associé à une quantité d'oxigène d'autant plus forte proportionnellement qu'il y a eu plus d'azote dissous. Ainsi, par les expériences précédentes, nous voyons que lorsque le gaz azote renfermé sous l'eau tranquille est devenu au bout de quinze jours un mélange de 0,90 d'azote et de 0,10 d'oxigène, la même quantité de gaz azote renfermé sous l'eau courante est devenue, au bout de neuf jours seulement, un mélange de 0,91 d'azote et de 0,09 d'oxigène. Lorsqu'au lieu de gaz azote j'ai employé, pour ces expériences, du gaz azote associé à une quantité de gaz oxigène inférieure à celle qui existe dans l'air atmosphérique, j'ai obtenu des résultats analogues; toujours j'ai vu le gaz submergé céder de l'azote à l'eau et lui ravir du gaz oxigène, et cela jusqu'à ce que ces deux gaz fussent dans les proportions où ils se trouvent dans l'air atmosphérique. Alors la composition du gaz renfermé sous le récipient ne changeait plus. Il est remarquable que cette recomposition de l'air atmosphérique est de même le résultat final que l'on obtient en renfermant du gaz oxigène dans un récipient plongé sous l'eau. Actuellement nous allons voir, et non sans surprise, que c'est encore de l'air atmosphérique qui remplace, mais sous un bien plus petit volume, le gaz acide carbonique livré sous un récipient à la dissolution par l'eau. Comme ce gaz est très-soluble dans l'eau, je devais opérer sur une quantité de

ce gaz plus considérable que celle à laquelle je m'étais borné pour le gaz azote.

Je mis 270 centimètres cubes de gaz acide carbonique sous un récipient de verre que je plongeai renversé dans un grand vase rempli d'eau de pluie. Trois jours après, je trouvai le volume du gaz réduit à huit centimètres cubes environ. Ce gaz ayant été lavé avec de l'eau de chaux se trouva réduit à sept centimètres cubes environ, ou à la 38ᵉ partie du volume du gaz acide carbonique qui avait été mis en expérience. L'analyse eudiométrique me fit voir que ce gaz restant était composé d'oxigène et d'azote dans les proportions où ces gaz se trouvent dans l'air atmosphérique. Je dois dire que je m'étais assuré que le gaz acide carbonique mis en expérience ne contenait point primitivement d'air atmosphérique. J'ai répété plusieurs fois cette expérience, et toujours j'ai trouvé, après la dissolution du gaz acide carbonique dans l'eau, de l'air atmosphérique, dont la quantité a varié de la 38ᵉ à la 45ᵉ partie du volume du gaz acide carbonique dissous. Il m'a paru que la quantité de l'eau et l'étendue de la surface par laquelle le gaz acide carbonique était en rapport avec elle, influaient sur la quantité de l'air atmosphérique qui se dégageait de ce liquide pendant qu'il dissolvait le gaz acide carbonique. Je me borne ici à l'exposition de ces faits sans m'occuper de leur théorie physique; pour l'objet actuel de mes recherches, il me suffit d'établir leur existence; je reviens donc à la respiration des insectes. Les problèmes que cette fonction nous offrait à résoudre vont actuellement trouver facilement leur solution.

Les trachées des insectes aquatiques qui sont pourvus de branchies contiennent de l'air élastique, comme celles des

insectes qui respirent immédiatement l'air atmosphérique. Cet air contenu dans les trachées des insectes devient nécessairement privé en tout ou en partie de son oxigène, et se charge de gaz acide carbonique; car tels sont les effets nécessaires de la respiration. Les trachées branchiales des insectes aquatiques sont situées superficiellement et en contact presque immédiat avec l'eau aérée ambiante. Les actions instinctives de l'insecte renouvellent sans cesse le contact de cette eau aérée sur les branchies, en sorte que celles-ci sont comme si elles étaient placées dans une eau courante. Il résulte de là que le gaz azote en excès dans les trachées doit se dissoudre dans l'eau ambiante qui imbibe leurs parois, et qu'en retour l'eau aérée doit livrer du gaz oxigène élastique au gaz azote renfermé dans les trachées. On voit de cette manière comment doit s'opérer la restitution de l'oxigène à l'air qui a été altéré par la respiration dans les trachées de l'insecte aquatique; c'est à la présence dans ces canaux d'un excès de gaz azote que cet effet est dû. Mais ce gaz azote lui-même se dissolvant dans l'eau ambiante finirait par disparaître tout-à-fait, si la perte de volume qu'il éprouve continuellement n'était pas réparée. Ce second effet est dû à la dissolution dans l'eau du gaz acide carbonique contenu dans les trachées, et qui y est formé sans cesse par l'acte de la respiration. Nous venons de voir en effet que le gaz acide carbonique, en se dissolvant dans l'eau, en extrait du gaz azote et du gaz oxigène dans les proportions qui forment l'air atmosphérique, c'est-à-dire environ quatre fois plus d'azote que d'oxigène. Cet azote sert à réparer la perte de celui qui est dissous, et l'oxigène qui l'accompagne augmente le volume de celui qui a déja été introduit au moyen de la

dissolution de l'azote. Probablement aussi l'introduction de l'oxigène dans les liquides organiques en extrait-elle du gaz azote qui, versé dans les trachées, sert également à réparer la perte de celui qui est dissous. On sait, en effet, par les belles recherches de M. Edwards, qu'il y a souvent du gaz azote exhalé dans la respiration. C'est par ces divers moyens que s'entretiennent l'état respirable de l'air contenu dans les trachées branchiales des insectes aquatiques et le volume indispensable de cet air. Les modifications réparatrices que l'air a subies dans les branchies se propagent rapidement dans toutes les trachées qui se ramifient dans le corps de l'insecte, en vertu de la propriété qu'ont tous les fluides miscibles d'établir entre toutes leurs parties une parfaite égalité de mixtion. On sait, par les expériences de Dalton et de Berthollet, que les gaz jouissent spécialement de cette propriété, et que leur tendance à une rapide mixtion ne trouve même point d'obstacle dans la différence de leur pesanteur spécifique. On conçoit que cette mixtion des gaz doit surtout être très-rapide lorsque les appareils dans lesquels elle a lieu sont fort petits. Ainsi, chez des insectes, qui tous n'ont que de petites dimensions, l'oxigène introduit dans les trachées branchiales, et ajouté à l'azote ou à l'air atmosphérique privé d'une partie de son oxigène qu'elles contiennent, doit, en vertu de la tendance à l'égalité de mixtion, se porter fort rapidement dans toutes les autres trachées.

L'action par laquelle l'eau dissout le gaz azote et lui livre en échange du gaz oxigène est une action assez lente; aussi ce mode de réparation de l'air altéré par la respiration ne peut-il convenir qu'à des masses d'air fort petites, telles que le sont les masses d'air qui sont disséminées dans les rami-

fications des trachées branchiales des insectes aquatiques. La petitesse extrême de ces masses d'air vicié par la respiration fait qu'elles peuvent être très rapidement restituées à l'état d'air atmosphérique pur au moyen du mécanisme que j'ai indiqué. Au reste, cette petitesse extrême des appareils que nous observons dans les trachées des insectes n'est point une condition indispensable dans le cas qui nous occupe, car l'observation nous démontre que dans des appareils, petits sans doute, mais considérablement moins que ne le sont les trachées, l'air peut être entretenu à l'état respirable par la dissolution du gaz azote et du gaz acide carbonique dans l'eau aérée, qui laisse dégager du gaz oxigène en échange du premier et de l'air atmosphérique en échange du second. Je trouve la preuve de cette assertion dans un fait curieux dont l'observation première est due à Réaumur. Sur les feuilles submergées du *Potamogeton lucens* vit une chenille qui passe tout le temps de sa vie de larve et de chrysalide entièrement plongée sous l'eau, et cependant, organisée pour vivre dans l'air, elle doit être constamment environnée par ce gaz et tenue à l'abri de l'eau dans laquelle elle se noierait. Pour maintenir son existence paradoxale, la chenille se fabrique une coque de soie protégée en dehors par des morceaux de feuilles de potamogeton. Cette coque est ouverte, et son intérieur contient de l'air au milieu duquel elle vit. Lorsqu'elle se métamorphose en nymphe, elle ferme complétement sa coque, qui continue à contenir de l'air. Ce n'est que lorsqu'il devient papillon, que cet insecte sort de l'eau. Ainsi, pendant qu'il est chenille et nymphe, il vit sous un appareil tout semblable à la cloche du plongeur; quoique constamment submergées, la chenille et la nymphe vivent dans l'air,

et cet air ne cesse point d'être propre à la respiration, quoiqu'il n'éprouve aucun renouvellement apparent. Ce phénomène trouve facilement son explication dans les faits qui ont été exposés plus haut. La respiration de la chenille épuise l'oxigène de l'air qui l'environne; l'azote restant se dissout dans l'eau, et en extrait du gaz oxigène; en même temps le gaz acide carbonique produit par la respiration se dissout dans l'eau, et en extrait de l'air atmosphérique dont l'oxigène sert à la respiration, et dont l'azote répare la perte du gaz azote dissous. Ces mêmes phénomènes ont lieu au travers des parois perméables de la coque de soie qui renferme complétement la chrysalide avec sa petite provision d'air. Il n'est pas besoin, sans doute, de cet exemple pour prouver combien la nature est admirable dans sa variété; toutefois, n'est-il pas singulièrement curieux de voir un animal qui ne peut vivre que dans l'air, condamné à vivre constamment submergé, et sous une cloche de plongeur, dans laquelle l'air altéré par sa respiration se renouvelle tout seul? Ce phénomène nous prouve que si les grands animaux ont leurs priviléges, les petits animaux ont aussi les leurs. Ces derniers, en effet, peuvent seuls employer d'une manière utile certaines actions physiques dont le peu de vitesse se trouve en rapport d'harmonie avec le peu d'étendue de leurs appareils.

MÉMOIRE

SUR L'INTÉGRATION

DES ÉQUATIONS LINÉAIRES

AUX DIFFÉRENCES

DU SECOND ORDRE ET DES ORDRES SUPÉRIEURS,

A COEFFICIENTS CONSTANTS OU VARIABLES.

PAR M. G. LIBRI.

Lu à l'Académie royale des Sciences, le 28 octobre 1833.

INTRODUCTION.

Il existe plusieurs questions mathématiques que l'on sait résoudre dans tous les cas particuliers, mais dont on ne connaît pas la résolution générale. Je me propose de prouver, dans une autre occasion, que l'on possède tous les éléments nécessaires pour écrire en analyse les opérations particulières que l'on sait effectuer, et pour en déduire toujours une formule générale. Mais, dans le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter aujourd'hui à l'Académie, je m'occuperai seulement d'une question spéciale du genre de celles que je viens d'indiquer, c'est-à-dire de l'intégration des équations linéaires aux différences de tous les ordres.

On sait que, dans toute équation aux différences, si l'on donne une valeur déterminée à la variable, on pourra toujours trouver l'expression de l'inconnue, à l'aide d'un certain nombre d'éliminations successives. Intégrer l'équation proposée n'est autre chose que trouver le résultat d'un nombre indéfini d'éliminations. Non seulement ce problème n'a pas été résolu dans toute sa généralité, mais même parmi les équations qu'on appelle linéaires, on ne sait résoudre complètement que celles du premier ordre, dont l'intégrale a été donnée par Lagrange. L'intégration des équations linéaires aux différences est une question d'autant plus importante, qu'elle se présente lorsqu'on cherche l'expression en série de l'intégrale des équations différentielles linéaires; équations qui se rencontrent sans cesse dans les applications de l'analyse au calcul des phénomènes naturels.

J'ai publié, en 1827, un Mémoire sur quelques formules générales d'analyse, dans lequel je suis parvenu à exprimer le terme général du développement du polynome, sans passer par les termes précédents, comme on l'avait fait jusqu'alors. Pour arriver à cette formule, j'ai dû intégrer une équation linéaire aux différences d'ordre indéfini. Maintenant, pour trouver l'intégrale d'une équation linéaire aux différences d'un ordre déterminé quelconque, j'ai taché de réduire cette équation à une autre équation d'ordre indéfini du genre de celles que j'avais intégrées dans le Mémoire cité. A cet effet, j'ai supposé que l'équation proposée était d'ordre indéfini, et puis j'ai multiplié chacun de ses termes par une fonction discontinue telle, qu'elle devînt zéro par tous les termes ajoutés à l'équation proposée, et qu'elle fût égale à l'unité pour tous les termes compris dans cette équation. De cette manière, ayant

ramené l'équation proposée à une autre équation que j'avais déja intégrée, je n'ai eu qu'à effectuer les substitutions nécessaires pour avoir l'intégrale cherchée.

Dans ce Mémoire je donne l'intégrale de l'équation linéaire aux différences du second ordre à coefficients variables. Par une analyse absolument semblable, on intégrerait toutes les équations linéaires aux différences des ordres supérieurs.

Les fonctions discontinues que j'ai choisies pour facteurs, sont d'une grande simplicité. Je les ai employées pour la première fois dans un Mémoire qui a paru récemment dans le Journal de M. Crelle. On pourrait se servir également des autres fonctions discontinues déja connues, et l'on résoudrait également le problème.

ANALYSE.

Étant proposée l'équation aux différences d'ordre indéfini

$$y_{x_0} = \begin{cases} \varphi_{x_0}(x_0)\,y_0 + \varphi_{x_0-1}(x_0)\,y_1 + \varphi_{x_0-2}(x_0)\,y_2 \\ + \varphi_{x_0-3}(x_0)\,y_3 + \varphi_{x_0-4}(x_0)\,y_4 \ldots\ldots + \varphi_2(x_0)\,y_{x_0-2} + \varphi_1(x_0)\,y_{x_0-1} \end{cases}$$

si l'on y substitue successivement les valeurs de y_2, y_3, y_4, etc., déduites de la même équation, on aura la série

$$y_{x_0} = \left\{ \begin{array}{l} \varphi_{x_0}(x)\,y_0 + \varphi_{x_0-1}(x_0)\,y_1 + \varphi_{x_0-2}(x_0)\left\{\varphi_2(2)\,y_0 + \varphi_1(2)\,y_1\right\} \\ + \varphi_{x_0-3}(x_0)\left\{\varphi_3(3)\,y_0 + \varphi_2(3)\,y_1 + \varphi_1(3)\left[\varphi_2(2)\,y_0 + \varphi_1(2)\,y_1\right]\right\} \\ + \varphi_{x_0-4}(x_0)\left\{ \begin{array}{l} \varphi_4(4)\,y_0 + \varphi_3(4)\,y_1 + \varphi_2(4)\left\{\varphi_2(2)\,y_0 + \varphi_1(2)\,y_1\right\} \\ + \varphi_1(4)\left\{\varphi_3(3)\,y_0 + \varphi_2(3)\,y_1 + \varphi_1(3)\left[\varphi_2(2)\,y_0 + \varphi_1(2)\,y_1\right]\right\} \end{array} \right\} \\ + \varphi_{x_0-5}(x_0)\left\{ \begin{array}{l} \varphi_5(5)\,y_0 + \varphi_4(5)\,y_1 + \varphi_3(5)\left\{\varphi_2(2)\,y_0 + \varphi_1(2)\,y_1\right\} \\ + \varphi_2(5)\left\{\varphi_3(3)\,y_0 + \varphi_2(3)\,y_1 + \varphi_1(3)\left[\varphi_2(2)\,y_0 + \varphi_1(2)\,y_1\right]\right\} \\ + \varphi_1(5)\left[\begin{array}{l} \varphi_4(4)\,y_0 + \varphi_3(4)\,y_1 + \varphi_2(4)\left\{\varphi_2(2)\,y_0 + \varphi_1(2)\,y_1\right\} \\ + \varphi_1(4)\left\{\varphi_3(3)\,y_0 + \varphi_2(3)\,y_1 + \varphi_1(3)\left[\varphi_2(2)\,y_0 + \varphi_1(2)\,y_1\right]\right\} \end{array} \right] \end{array} \right\} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \varphi_{x-2}(x_0)\,A_u \ldots\ldots\ldots\ldots \\ \ldots\ldots + \varphi_2(x_0)\left\{\varphi_{x_0-2}(x_0-2)\,y_0 + \varphi_{x_0-3}(x_0-2)\,y_1 + \text{etc.}\right\} \\ \qquad + \varphi_1(x_0)\left\{\varphi_{x_0-1}(x_0-1)\,y_0 + \varphi_{x_0-2}(x_0-1)\,y_1 + \text{etc.}\right\} \end{array} \right.$$

dans laquelle la loi des termes est manifeste, car le facteur A_u, par exemple, se forme en changeant x_0 en u dans tous les termes précédents. A présent, si l'on partage cette série en autant de séries partielles qu'il y a de facteurs, ou, ce qui revient au même, si l'on groupe successivement tous les termes composés d'un seul, ou de deux, ou de trois facteurs, et ainsi de suite (en ne considérant généralement $\varphi_0(u)y_0 + \varphi_1(u)y_1$ que comme un seul facteur), on aura l'équation

$$y_{x_0} = B_1 + B_2 + B_3 \ldots\ldots\ldots + B_{x_0-1}$$

$$\left.\begin{array}{l} \ldots(x_0)y_0 + \varphi_{x_0-1}(x_0)y_1 \\ \ldots_{x_0-2}(x_0)\big(\varphi_2(2)y_0 + \varphi_1(2)y_1\big) + \varphi_{x_0-3}(x_0)\big(\varphi_3(3)y_0 + \varphi_0(3)y_1\big) + \varphi_{x_0-4}(x_0)\big(\varphi_4(4)y_0 + \varphi_3(4)y_1\big) + \text{etc.} \\ \ldots_{x_0-3}(x_0)\Big\{\varphi_1(3)\big(\varphi_2(2)y_0 + \varphi_1(2)y_1\big)\Big\} + \varphi_{x_0-4}(x_0)\Big\{\varphi_2(4)\big(\varphi_2(2)y_0 + \varphi_1(2)y_1\big) + \varphi_1(4)\big(\varphi_3(3)y_0 + \varphi_2(3)y_1\big)\Big\} + \text{etc.} \\ \ldots\text{tc.} \end{array}\right\}$$

dans laquelle on a indiqué par B_1, B_2, B_3, etc., les séries composées d'un seul, de deux, de trois facteurs, etc.

Maintenant la série B_2 a pour terme général

$$\varphi_{x_0-x_1}(x_0)\big(\varphi_{x_1}(x_1)y_0 + \varphi_{x_1-1}(x_1)y_1\big)$$

(pourvu que l'on donne successivement à x_1 toutes les valeurs $2, 3, 4, \ldots\ldots\, x_0-1$), et partant l'on aura

$$B_2 = \sum_{x_1=2}^{x_1=x_0} \varphi_{x_0-x_1}(x_0)\big(\varphi_{x_1}(x_1)y_0 + \varphi_{x_1-1}(x_1)y_1\big).$$

De même la série B_3 a pour terme général

$$\varphi_{x_0-x_1}(x_0)\,\varphi_{x_1-x_2}(x_1)\left(\varphi_{x_2}(x_2)\,y_0+\varphi_{x_2-1}(x_2)\,y_1\right),$$

où l'on doit faire successivement

$$x_1=3,\,4,\,5\,\ldots\ldots\ldots\ldots\,x_0-1,$$
$$x_2=2,\,3,\,4\,\ldots\ldots\ldots\ldots\,x_1-1;$$

d'où l'on déduira

$$B_3=\sum_{x_3=3}^{x_1=x_0}\ \sum_{x_2=2}^{x_2=x_1}\varphi_{x_0-x_1}(x_0)\,\varphi_{x_1-x_2}(x_1)\left(\varphi_{x_2}(x_2)\,y_0+\varphi_{x_2-1}(x_2)\,y_1\right).$$

Il est évident qu'en continuant de la même manière, on obtiendra en général

$$B_u=\sum_{x_1=u}^{x_1=x_0}\ \sum_{x_2=u-1}^{x_2=x_1}\ldots\ldots\sum_{x_{u-1}=2}^{x_{u-1}=x_{u-2}}\varphi_{x_0-x_1}(x_0)\,\varphi_{x_1-x_2}(x_1)\,\varphi_{x_2-x_3}(x_2)\ldots\ldots\left(\varphi_{x_{u-1}}(x_{u-1})\,y_0+\varphi_{x_{u-1}-1}(x_2)\,y_1\right);$$

et si l'on fait, pour abréger,

$$\sum_{x_1=u}^{x_1=x_0}\ \sum_{x_2=u-1}^{x_2=x_1}\ldots\ldots\sum_{x_{u-1}=2}^{x_{u-1}=x_{u-2}}=e^{\sum\limits_{s=1}^{s=u}\log.\sum\limits_{x_s=u-s+1}^{x_s=x_{s-1}}}$$

on aura aussi

$$B_u = e^{\sum_{s=1}^{s=u} \log. \sum_{x_s=u-s+1}^{x_s=x_{s-1}} \varphi_{x_0-x_1}(x_0)\varphi_{x_1-x_2}(x_1)\ldots\ldots(\varphi_{x_{u-1}}(x_{u-1})y_0+\varphi_{x_{u-1}-1}(x_{u-1})y_1)}$$

$$= e^{\sum_{s=1}^{s=u} \log. \sum_{x_0=u-s+1}^{x_s=x_{s-1}} (\varphi_{x_{u-1}}(x_{u-1})y_0+\varphi_{x_{u-1}-1}(x_{u-1})y_1)\left[\varphi_{x_{u-2}-x_{u-1}}(x_{u-2})\right]^{u-2}}$$

et enfin

$$y_{x_0} = B_1 + B_2 + B_3 \ldots\ldots\ldots\ldots + B_{x_0-1}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \varphi_{x_0}(x_0)y_0 + \varphi_{x_0-1}(x_0)y_1 \\ + \sum_{u=2}^{u=x_0} e^{\sum_{s=1}^{s=u} \log. \sum_{x_s=u-s+1}^{x_s=x_{s-1}} (\varphi_{x_{u-1}}(x_{u-1})y_0+\varphi_{x_{u-1}-1}(x_{u-1})y_1)\left[\varphi_{x_{u-2}-x_{u-1}}(x_{u-2})\right]^{u-2}} \end{array} \right\}$$

L'analyse précédente n'est qu'une répétition de celle qui nous avait déja servi ailleurs à trouver le développement du polynome : nous allons voir maintenant comment on peut l'appliquer à l'intégration des équations linéaires aux différences du second ordre.

Soit proposée l'équation linéaire du second ordre

$$y_z = a_z y_{z-1} + b_z y_{z-2} + c_z$$

dans laquelle a_z, b_z, c_z, sont des fonctions de z. On sait que l'on peut toujours la réduire à une autre équation, qui sera linéaire et du second ordre aussi, mais qui ne contiendra pas de terme en z seulement. Supposons que cette équation soit de la forme

$$y_{x_0} = f_1(x_0)\, y_{x_0-1} + f_2(x_0)\, y_{x_0-2} \quad ;$$

si l'on fait en général

$$\varphi_u(x_0) = \frac{f_u(x_0)}{1 + 0^{\frac{5}{2}-u}},$$

(u étant un nombre entier positif, et $f_u(x_0)$ étant une fonction indéterminée de x_0 et de u, telle cependant qu'elle ne puisse jamais devenir infinie pour une valeur quelconque de u, et que pour $u=1$, $u=2$, elle devienne identiquement $f_1(x_0)$, $f_2(x_0)$,) on aura $\varphi_u(x_0)=0$, lorsque $u>2$, et $\varphi_u(x_0)=1$, lorsque $u<3$. On aura donc identiquement

$$\begin{aligned} y_{x_0} &= f_1(x_0)\, y_{x_0-1} + f_2(x_0)\, y_{x_0-2} \\ &= \varphi_{x_0}(x_0) y_0 + \varphi_{x_0-1}(x_0) y_1 + \varphi_{x_0-2}(x_0) y_2 \ldots\ldots + \varphi_2(x_0) y_{x_0-2} + \varphi_1(x_0) y_{x_0-1} \quad ; \end{aligned}$$

et comme cette équation, d'après ce que nous avons déja vu, a pour intégrale

$$y_{x_0} = \left\{ \begin{aligned} & \varphi_{x_0}(x_0) y_0 + \varphi_{x_0-1}(x_0) y_1 \\ & + \sum_{u=2}^{u=x_0} e^{\sum_{s=1}^{s=u} \log. \sum_{x_s=u-s+1}^{x_s=x_{s-1}}} \left(\varphi_{x_{u-1}}(x_{u-1}) y_0 + \varphi_{x_{u-1}-1}(x_{u-1}) y_1\right) \left[\varphi_{x_{u-2}-x_{u-1}}(x_{u-2})\right]^{u-2}, \end{aligned} \right.$$

on aura enfin, en substituant en général la valeur de

$$\varphi_p(x_0)=\frac{f_p(x_0)}{(1+0)^{\frac{5}{2}-p}},$$

l'équation

$$y_{x_0}=\left\{\begin{aligned}&\frac{f_{x_0}(x_0)y_0}{(1+0)^{\frac{5}{2}-x_0}}+\frac{f_{x_0-1}(x_0)y_1}{(1+0)^{\frac{5}{2}-x_0-1}}\\&+\sum_{u=2}^{u=x_0}e^{\sum_{s=1}^{s=u}\log.\sum_{x_s=u-s+1}^{x={}_sx_{s-1}}}\left(\frac{f_{x_{u-1}}(x_{u-1})y_0}{(1+0)^{\frac{5}{2}-x_{u-1}}}+\frac{f_{x_{u-1}-1}(x_{u-1})y_1}{(1+0)^{\frac{5}{2}-u_{u-1}-1}}\right)\left[\frac{f_{x_{u-2}-x_{u-1}}(x_{u-2})}{(1+0)^{\frac{5}{2}-x_{u-2}-x_{u-1}}}\right]^{u-2}\end{aligned}\right.$$

et cette formule donnera l'intégrale de l'équation linéaire du second ordre

$$y_{x_0}=f_1(x_0)\,y_{x_0-1}+f_2(x_0)\,y_{x_0-2}\,.$$

Pour transformer l'équation proposée du second ordre, en une équation d'ordre indéfini, nous avons multiplié par le facteur $\frac{1}{(1+0)^{\frac{5}{2}-u}}$; mais on pourra se servir de toute autre fonction discontinue $\psi(u)$, telle que l'on ait $\psi(u)=0$, lorsque $u>2$,

et $\psi(u) = 1$, lorsque $u < 2$; u étant un nombre entier positif quelconque.

Il est clair que par la même méthode on parviendrait à intégrer toutes les équations linéaires aux différences des ordres supérieurs. Si l'on voulait, par exemple, intégrer l'équation du troisième ordre

$$y_{x_0} = f_1(x_0)\, y_{x_0-1} + f_2(x_0)\, y_{x_0-2} + f_3(x_0)\, y_{x_0-3},$$

après l'avoir transformée, comme on l'a fait précédemment, dans l'équation d'ordre indéfini

$$y_{x_0} = \varphi_{x_0}(x_0)\, y_0 + \varphi_{x_0-1}(x_0)\, y_1 + \varphi_{x_0-2}(x_0)\, y_2 + \varphi_{x_0-3}(x_0)\, y_3 \ldots\ldots + \varphi_1(x_0)\, y_{x_0-1},$$

il ne faudrait commencer les substitutions que par y_3, en laissant subsister les quantités y_0, y_1, y_2, qui seraient les trois constantes arbitraires de l'intégrale cherchée.

OBSERVATIONS

GÉNÉRALES

SUR

L'ORGANOGÉNIE ET LA PHYSIOLOGIE

DES VÉGÉTAUX,

CONSIDÉRÉS COMME ÉTANT DE GRANDES ASSOCIATIONS DE VÉGÉTAUX PLUS SIMPLES, CONFERVOÏDES, ET SIMPLEMENT AGGLUTINÉS.

PAR P.-J.-F. TURPIN.

Lues à l'Académie des Sciences, le 24 mars 1834.

M. Dutrochet a eu l'obligeance de me communiquer le Champignon très-remarquable qu'il vient de décrire; il m'a permis de l'étudier dans ses singuliers développements, et d'en faire les figures qui ont été mises sous les yeux de l'Académie.

Je croyais ma tache remplie, lorsque M. Dutrochet m'a engagé à ajouter mes propres observations à celles qu'il vous a présentées (1).

---

(1) Le Mémoire de mon honorable ami et confrère M. Dutrochet, accompagné de ma planche et d'une longue explication de figures, faite par moi,

Avant de m'occuper directement de l'intéressante végétation qui a fait le sujet du Mémoire de M. Dutrochet, je demanderai la permission de dire quelques mots des deux productions organisées les plus simples qui existent dans la nature, parce qu'elles deviennent ensuite, ou au moins leurs analogues, les éléments composants des masses tissulaires de toutes les espèces du règne organique, et surtout parce que l'une d'elles constitue, *seule*, toute la masse végétative du Champignon qui nous occupe en ce moment.

Dans toutes les eaux muqueuses, douces ou salées, tranquilles et exposées à l'action de l'atmosphère, on rencontre fréquemment deux sortes de corps organisés, microscopiques, des plus simples et des plus élémentaires possible; l'une composée d'êtres globuleux, l'autre d'êtres filamenteux. Aux premiers j'ai donné le nom de *Protosphœria simplex* (1), et aux seconds celui de *Protonema simplex* (2).

Ces deux espèces d'être organisés si simples, et qui forment le premier degré visible de l'échelle organique, peuvent

---

a été imprimé dans les Nouvelles Annales du Mus. d'hist. nat., tom. 3, pag. 59.

Si je reproduis ici cette planche et son explication, c'est que l'une et l'autre me paraissent indispensables à rendre plus claires les nouvelles observations d'organogénie que je présente aujourd'hui au jugement du public; c'est parce qu'il me semble que cette planche a été mal exécutée, soit sous le rapport de la gravure, soit sous le rapport du coloriage; c'est, enfin, parce que deux mémoires intimement liés l'un à l'autre, et destinés à s'éclairer mutuellement, se trouvent, par des motifs que je n'ai point cherché à connaître, séparés et insérés dans deux ouvrages différents.

(1) Dict. des Scienc. nat., Atl., tom. 2, pl. 1.

(2) Id. pl. 2.

aussi naître et se développer dans l'eau distillée, comme j'en ai eu la preuve par l'observation suivante, faite au Havre il y a quelques années.

Dans de l'eau distillée avec soin (1), et conservée pendant huit années, dans un bocal rempli à moitié, fermé hermétiquement et exposé dans un lieu assez obscur, il s'était formé un dépôt ou précipité floconneux, qui représentait de petites masses gélatineuses, les unes d'un blanc laiteux ou jaunâtre, les autres d'un brun fauve, plus consistantes et d'aspect filamenteux.

La première de ces productions, examinée sous le microscope, consistait en une immense population *d'individus* globuleux, muqueux, blancs, diaphanes, sans granulation propagatrice visible, et offrant, *ce qu'il faut bien remarquer,* des dimensions différentes d'accroissement (2), depuis le point le plus fin jusqu'au diamètre d'environ $\frac{1}{500}$ de millimètre.

La seconde se composait d'une quantité considérable d'individus filamenteux, également muqueux, blancs, diaphanes, pleins, sans granulation propagatrice apparente, et d'une

---

(1) Dans l'eau la mieux distillée, il reste toujours du mucus susceptible de s'organiser, soit en globules ou en filaments spontanés, ou, ce qui est plus probable, de s'assimiler à des corps organisés déja déterminés.

(2) Les différences graduées de volume que l'on observe chez le plus grand nombre des globules, soit ceux libres dans l'espace, soit ceux faisant partie de la masse tissulaire d'un végétal ou d'un animal; ces différences de volume prouvent que tous ces globules forment une population composée d'individus distincts ayant, chacun, son centre vital particulier d'absorption, d'assimilation et d'accroissement; qu'ils naissent et qu'ils meuent pour leur propre compte.

ténuité telle qu'on ne pouvait les comparer, quant à leur diamètre, qu'à la ligne gravée du micromètre, aux pédicules des vorticelles ou aux vibrions linéoles (1).

Ces deux productions, absolument privées de mouvement, mais jouissant de la faculté de naître, d'absorber, d'assimiler et de croître, sont purement végétales d'après nos définitions, qui reconnaissent le mouvement de locomotion comme le dernier caractère distinctif de l'animalité.

L'imagination la plus active, comme l'intelligence la plus étendue, ne pouvant rien supposer de plus simple en organisation que la substance muqueuse et hyaline, organisée sous la forme globuleuse et sous la forme filamenteuse, qui semble n'être que la première alongée, sans aucune granulation propagatrice, on est presque tenté de considérer ces deux productions très-élémentaires, dans lesquelles la nature fait son premier essai d'organisation, comme pouvant naître immédiatement du mucus de l'eau, dans le sein de laquelle elles se développent, et comme étant, dans la nature, les deux *seules* existences spontanées possibles. Il y aurait cependant de la témérité à assurer la spontanéité de ces deux productions, par la seule raison que l'on ne peut y apercevoir les corps destinés à leur reproduction. Cela peut tenir à la grande ténuité, à la grande transparence de ces corps, et aux moyens encore insuffisants de nos microscopes actuels. On peut, je crois, en s'aidant de l'analogie, supposer qu'à une certaine

---

(1) M. Charles Morren, n'ayant point connu les figures que j'ai données de cette production organisée primitive, l'a décrite et figurée de nouveau, long-temps après, dans un Mémoire intitulé : Sur les Vibrions lamellinaires, sous le nom de Bactrelle fil (*Bactrella filum*), pag. 37. Gand, 1830.

époque de leur vie, les Protosphéries et les Protonèmes se divisent en particules reproductrices, et qu'alors chacune de ces particules devient l'analogue, soit de la bouture, soit du bourgeon, soit de la bulbille, soit de l'embryon des autres végétaux, qui ne sont toujours, au reste, que des parties extensives d'une mère semblable qui précède, et qui s'en isolent ensuite, par rupture, pour perpétuer l'espèce.

Il est extrêmement remarquable que dès l'instant que la matière muqueuse s'organise, il se forme presqu'en même temps, d'abord, des globules pleins, comme les Protosphéries, et, ensuite, des filaments simples et solides, comme les Protonèmes.

La première de ces organisations primitives, la globuleuse, offre l'origine ou les éléments épars du plus simple de tous les tissus organiques, le tissu *globulaire;* et lorsque des globules analogues deviennent vésiculaires, par suite d'un plus grand développement, ces vésicules représentent les éléments épars de tous les tissus cellulaires, qui ne sont, comme chacun le sait aujourd'hui, que de simples agglomérations de vésicules individus, tout aussi indépendantes les unes des autres que le sont entre eux les œufs agglomérés d'une carpe ou de tout autre poisson, à chacun desquels on n'a jamais refusé l'individualité.

La seconde, la filamenteuse, marque l'origine et forme les éléments épars du tissu fibreux ou filamenteux; et lorsque des filaments analogues se creusent en tubes, par suite d'un plus grand développement, ces tubes alors, étant agglomérés, prennent le nom impropre, selon moi, de tissu vasculaire.

En associant ou en agglomérant en masse des individus globuleux de Protosphéries, on fait du tissu globulaire. En

vésiculisant, ensuite, chacun de ces globules, comme se vésiculise la goutte d'eau de savon, on obtient, par ce développement subséquent, ce second tissu que l'on nomme cellulaire, et auquel, d'après son origine et sa composition, le nom de vésiculaire convient beaucoup mieux. Si, parmi les globules ou les vésicules des deux tissus dont il vient d'être question, on intercale des individus filamenteux de Protonèmes, on a un tissu fibreux, et si enfin ces filaments pleins se tubulisent, de la même manière que se creusent les tiges filamenteuses des Conferves, des Charas, des Graminées, des Ombellifères et autres végétaux composés, on en fait des *vaisseaux* et on donne, à l'ensemble de ces miniatures de tiges composantes et internes, le nom de tissu vasculaire (1).

Lorsque l'on a fait un grand nombre d'observations microscopiques sur les divers tissus organiques, soit des végétaux, soit des animaux, on est pleinement convaincu que le règne organique tout entier n'offre dans ses masses tissulaires que des agglomérations composées, *par simple contiguité*, des individus élémentaires dont nous venons de parler; d'individus qui ont tous leur centre vital particulier d'absorption, d'assimilation et d'accroissement, tout en étant, cependant, destinés à faire partie d'un *tout* ou de *l'individu composé* d'une plante ou de celui d'un animal.

Le lieu du règne végétal où l'on aperçoit, pour la première fois, les végétaux simples ou confervoïdes commencer à s'agglo-

---

(1) Ces filaments tubulaires n'étant que des miniatures de tiges destinées à former, par agglomération, les tiges ordinaires, ne méritent pas plus la dénomination de vaisseau qu'une tige tubuleuse de conferve, de *Chara* ou de graminée ne le mérite elle-même.

mérer, pour former peu à peu les masses tissulaires plus épaisses et plus composées des arbres, soit encore libres entre eux, soit agglutinés par leur propre *suint*, se trouve :

1° Dans l'agglomération des vésicules alongées, reproductrices et disposées en réseau, qui composent le sac de l'*Hydrodictyon* (1).

2° Dans ces réunions longitudinales, composées d'un grand nombre d'individus d'oscillaires, formant entre eux des sortes d'écheveaux, de filaments verts, et auxquels on donne le nom de *Oscillaria chthonoplastes* (2).

3° Dans les petites tiges blanches du thallus rameux du champignon cultivé (3), qui, vues sous le microscope, n'offrent, dans leur composition, que de simples filaments, sans agglutination, que l'on peut comparer aux crins libres entre eux d'une queue de cheval, ou, bien mieux, à une petite masse de filaments longs, soyeux, blancs et brillants de l'Asbeste flexible (4).

4° Dans le petit groupe des Characées, plantes excessivement voisines des Conferves articulées, rameuses et verticillées, il en est, comme celles qu'on désigne par les noms de *Chara flexilis, C. translucens*, *C. gracilis et C. hyalina*, dont la tige ne se compose encore que d'un seul tube confervoïde, transparent, articulé, à rameaux verticillés, et contenant de l'eau

---

(1) *Hydrodictyon pentagonum,* Vauch., Dict. des scien. nat., Atl., tom. 2, pl. 21.

(2) *Oscillatoria chthonoplastes,* Lyngb. Tent. Hydroph., pag. 92, tab. 27. *Microcoleus terrestris*, Desmaz.

(3) *Agaricus campestris*, Linn. A. *edulis*, Bull. Champignon de couches ou cultivé.

(4) Amiante.

dans laquelle nagent des globules verdâtres et organisés (1). Ces espèces de *Chara*, qui diffèrent à peine des conferves, ont été, en raison de leur grande simplicité organique, détachées du genre et rangées sous la nouvelle dénomination générique de *Nitella* (2).

Les tiges des vrais Charas se composent, d'abord, du tube confervoïde des *Nitella*, autour duquel il se surajoute un certain nombre d'autres tubes de même nature.

On voit, par exemple, que la tige du *Chara hispida* est une agglomération formée d'un gros tube central, articulé, celui dont on se sert pour observer le curieux phénomène et encore inexpliqué du mouvement circulatoire de l'eau contenue dans chaque article (3), et autour duquel tube il s'en est déve-

---

(1) Ces globules, analogues à ceux contenus dans les mérithalles tubuleux des conferves, et à la globuline des tissus cellulaires, sont organisés et susceptibles, comme ceux dont nous venons de parler, de végéter sous la forme d'une grande vésicule qui, ordinairement, dans le *Chara hispida*, contient plusieurs générations emboîtées.

(2) Genre fondé par Agardh, *System. Algarum*, pag. 123.

(3) Lorsqu'on se sert des tiges du *Chara hispida*, pour observer, dans ses mérithalles tubuleux, la très-remarquable circulation de l'eau qui y est contenue, on est obligé de râcler ces tiges de manière à détruire entièrement les petits tubes confervoïdes composants, puis une couche calcaire qui recouvre encore le tube central. Ce tube ainsi dégagé est réduit à n'être plus qu'une sorte de *Nitella* ou de *Conferva*. Comme dans les tubes tigellulaires de ce dernier genre, les tubes confervoïdes simples ou agglomérés des *Chara* contiennent aussi des globules *organisés*, colorés, analogues à ceux que renferment les vésicules des tissus cellulaires (globuline) : ce sont ces globules verts et *organisés*, détachés des parois internes du tube confervoïde des *Chara*, et alors suspendus dans l'eau, qui servent à témoigner le double courant ou plutôt le courant circulatoire.

loppé de 15 à 18 autres d'un diamètre moins considérable, et desquels s'étendent des poils tubuleux et latéraux.

Il est aisé de sentir que si ces poils tubuleux, au lieu de se développer isolément, s'alongeaient et s'appliquaient, par agglutination, sur les petits tubes, qu'alors ils augmenteraient le nombre des tubes composants, et qu'ils formeraient, par ces nouvelles juxta-positions, ce que l'on appelle des zones d'accroissement et concentriques dans les tiges des végétaux dicotylédons.

Ces petits tubes ou ces tigellules confervoïdes surajoutées autour du tube ou de la tigellule confervoïde et centrale dans les Charas, offrent une composition, par agglutination, tout à fait comparable aux tiges composées ou fasciées du *Calycanthus floridus*, décrites et figurées par M. Mirbel (1), et à celles des *Paullinia?* tout récemment publiées par M. Gaudichaud (2). La seule différence qui existe entre l'agglomération fasciée des tiges des Charas, et l'agglomération fasciée des tiges décrites par MM. Mirbel et Gaudichaud, est toute dans ce que l'agglutination, dans les Charas, a lieu entre des tigellules simples, tandis que dans les tiges de *Calycanthus* et de *Paullinia?* elle s'opère entre des tiges déja composées d'un grand nombre de tigellules confervoïdes.

Si on prend, par exemple, une tige d'arbre, munie de quelques rameaux latéraux, et qu'à l'aide d'une corde on lie et rapproche de la tige principale tous ces rameaux secondaires, on devine d'avance que la coupe horizontale d'un sem-

---

(1) Note sur l'organisation de la tige d'un très-vieux *Calycanthus floridus*. Ann. des scienc. nat. 1828, tom. 14, pag. 267, pl. 13, fig. 1, 2, 3.

(2) Archives bot. 1833, tom. 2, pl. 19, fig. 5 et 6.

blable faisceau doit offrir, rigoureusement, ce qui s'opère quelquefois, par agglomération et accidentellement, dans les deux sortes de tiges décrites par MM. Mirbel et Gaudichaud.

Je demanderai aux physiologistes qui ont vu des vaisseaux fonctionnant dans la masse tissulaire des plantes, ce qu'ils pensent des tubes confervoïdes dont se compose la tige fasciculée des Charas. Dans ces tubes agglutinés, il m'est impossible de voir autre chose qu'un assemblage de tigellules confervoïdes entièrement analogues à celles, très-nombreuses, qui forment la tige plus composée des arbres.

J'y vois un faisceau qui me rappelle les petits et les gros tubes prétendus vasculaires des physiologistes. J'y vois un passage explicatif et des plus lumineux, entre les végétaux simplement confervoïdes et ces mêmes végétaux agglomérés en *botte de foin*, dans la tige composée des végétaux d'ordres plus élevés.

Je demanderai encore s'il est possible que tous les tubes composant la tige des Charas, tubes toujours plongés dans l'eau, toujours imprégnés de ce liquide nutritif, absorbent et se nourrissent autrement que par tous les points de leurs surfaces, soit celles extérieures, soit celles intérieures, et s'il est utile d'imaginer une sève ascendante et une sève descendante pour ces végétaux, de même que pour ceux d'un ordre plus élevé qui ne sont que des répétitions ou des agglomérations plus considérables des mêmes composants.

La nature, en globulisant et en filant la matière muqueuse en des êtres organisés, distincts et de la plus grande simplicité possible, semble avoir voulu se préparer des matériaux propres à ourdir, plus tard, les masses tissulaires des êtres organisés plus compliqués, dans lesquels on ne trouve, comme

composants microscopiques, que des individus globuleux et des individus filamenteux diversement agglomérés (1).

J'ai déja dit, dans plusieurs de mes Mémoires, que les glo-

---

(1) Une chose qui me paraît digne de remarque, c'est cette sorte d'empressement, si je puis me servir de cette expression, que la nature met à établir les choses essentielles à l'organisation des êtres les plus composés.

On la voit, par exemple, dès ses premiers essais, comme dans les individus globuleux et vésiculaires des Lépras, des Bichaties, des *Palmella rupestris*, etc., former l'analogue de l'une des nombreuses vésicules agglomérées des tissus cellulaires, dans l'intérieur desquelles, comme on le sait, il se développe, par extension des parois intérieures, une nouvelle génération de globuline reproductrice.

Dans les Monilies, les Nostochs et dans tout le groupe des conferves, se trouvent déja, dans chacun des articles dont se compose la tige de ces végétaux très-simples, les nœuds vitaux et les mérithalles que l'on observe sur les tiges des végétaux composés ou fasciés.

Il est encore très-remarquable que parmi ces végétaux filamenteux et si élémentaires, il y en ait, considérés sous le rapport de leur mode d'accroissement, de deux sortes. Les plus simples, comme les *Zignema*, les *Conferva flaccida*, *fucicola*, *œrea*, *melagonium*, etc., qui ne s'alongent qu'en développant successivement, et en une seule série, leurs mérithalles, de la même manière que se développent ceux d'un palmier non rameux, indiquent déja l'accroissement en longueur des végétaux monocotylédons, dont la cause de leur peu d'acroissement en diamètre se trouve dans la stérilité des nœuds vitaux placés à l'aisselle de leurs feuilles. Les plus composés, comme les *Conferva pusilla*, *glomerata* et autres conferves également rameuses, dont les rameaux latéraux, en se multipliant, partent toujours du sommet latéral ou du nœud vital, de l'un des mérithalles de la tige-mère, offrent l'image exacte et fournissent en même temps l'explication rigoureuse de la multiplication des nombreux rameaux qui s'engendrent successivement, en composant toute la masse aérienne d'un arbre dicotylédon.

bules pleins, composant les tissus globulaires, ainsi que ces globules creusés en vésicules, et formant par agglomération, les tissus cellulaires, n'avaient d'autres rapports avec les fibres pleines et les fibres creusées en tubes, que de végéter en société, chacun pour leur propre compte, tout en faisant partie, comme éléments, d'une aggrégation appelée du nom de plante; qu'on ne voyait jamais les globules et les vésicules des tissus globulaires et vésiculaires devenir, les premiers des fibres, et les secondes des tubes. J'ai dit, d'après mes observations, que ces deux grandes sortes d'individus élémentaires et composants des masses étaient très-distincts, qu'ils avaient chacun leurs caractères propres et leur mode différent de se multiplier ou de se propager, de manière à étendre, dans tous les sens, et pendant un temps donné, la masse tissulaire du végétal composé dont ils font partie.

Un très-petit nombre de végétaux, placés au bas de l'échelle, n'offrent, pour toute organisation, que des individus globuleux ou des individus vésiculeux simplement agglomérés; ceux-là, *seuls*, méritent le nom de *végétaux cellulaires :* encore faudrait-il distinguer en végétaux globulaires ceux dont la masse n'est composée que de globules pleins et contigus.

Un bien plus grand nombre rangés sous cette dénomination, évidemment fautive, et dont le Champignon qui fait le sujet de cet écrit fait partie, n'ont, dans la composition de toute leur masse, que des filaments simples ou rameux, anastomosés en forme de réseau, ou simplement feutrés et entremêlés comme le sont les poils animaux dans le feutre du chapeau (1). La

---

(1) Toute la masse fongueuse du Bolet amadouvier (*Boletus ungulatus*, Bull), quoique ayant une forme déterminée, des zones d'accroissement

plus grande quantité des végétaux sont d'immenses agglomérations ou des mélanges composés, tout à la fois, 1° de vésicules et de globules (1) contenus dans ces vésicules et formant ensemble le tissu cellulaire; 2° de tigellules ou de miniatures de tiges internes et composantes; les unes simplement fibreuses, analogues aux Protonèmes ou aux Byssus, droites ou roulées en hélice (2), les autres tubuleuses, simples ou rameuses, cloisonnées ou sans cloisons, et végétant, toutes, parmi les vésicules du tissu cellulaire, comme dans le seul territoire qui leur convient. Ces tigellules élémentaires, simples et destinées à former des tiges plus composées, s'étendent sans ordre dans l'épaisseur du tissu cellulaire des tiges des palmiers et autres végétaux monocotylédons, et dans un ordre symétrique, comme cela se voit par l'inspection des zones ligneuses et concentriques dans celui des tiges plus composées des végétaux dicotylédons. . . . . . .

Le Champignon découvert par M. Dutrochet est une de

---

analogues à celles du tronc des arbres dicotylédons, des couches annuelles et superposées de tubes, contenant des séminules naviculiformes; toute cette masse, dis-je, n'en est pas moins une sorte de feutre, composé d'un nombre considérable de longs filaments simples et seulement enchevêtrés les uns dans les autres.

La croûte mince, grise extérieurement, et noire en dessous, seule, est un composé à la fois de particules informes et de fibrilles.

(1) J'ai donné le nom de Globuline aux globules de toutes couleurs qui naissent par extension, des parois internes des vésicules, toujours transparentes, toujours incolores, dont se compose, par simple agglomération, la charpente de tous les tissus cellulaires. Ces globules, dans quelques tissus cellulaires blancs, ont été et sont encore désignés sous le nom de fécule.

(2) Trachées. Dénomination mauvaise, empruntée au règne animal.

ces heureuses productions privilégiées, que la nature semble nous offrir, parfois, pour nous laisser apercevoir les moyens gradués qu'elle emploie dans la formation, le développement et dans la complication des êtres organisés, qui, le plus souvent, sont couverts d'un voile difficile à pénétrer.

Ce Champignon, comme être végétal assez simple, nous conduit à faire, avec les autres végétaux, un grand nombre de comparaisons, et nous démontre évidemment la composition organique plus compliquée des arbres.

Comme dans ceux-ci, d'un corps reproducteur globuleux (fig. 14 c.), que l'on peut appeler indifféremment du nom d'embryon, de sporule, de séminule ou de graine, placé dans un milieu et sur un territoire convenable à sa nature, il s'échappe de plusieurs points à la fois (1) des filaments tigellu-

---

(1) Le globule reproducteur, plein ou vésiculaire, des végétaux simples peut germer indistinctement par tous les points de sa périphérie, parce qu'en ce globule, si simple encore dans son organisation, tous les points ont une égale valeur.

Il est remarquable que l'organisation d'un grand nombre de globules, tels que ceux du sang, du pollen des végétaux, des séminules des conferves, des champignons, des lichens, et enfin de ceux qui constituent un végétal entier, comme dans les diverses espèces du genre *Globulina*, *Uredo*, etc, soit composée d'une vésicule enveloppant un noyau globuleux, comme dans le globule sanguin, ou de deux vésicules, l'une contenant l'autre, comme dans les autres cas dont il vient d'être question.

Il n'est peut-être pas indifférent de rappeler que, dans le cas de germination des globules vésiculaires végétaux dont nous venons de parler, il n'y a que le globule ou la vésicule intérieure qui soit susceptible d'extension, et qu'alors la vésicule extérieure et protectrice, ayant cessé de vivre et de croître, se déchire pour donner passage au corps destiné à perpétuer l'espèce.

laires (fig. 1, 2 et 3), qui s'étendent horizontalement et en rayonnant dans tous les sens, qui se ramifient un grand nombre de fois, qui s'épaississent, dans leur partie inférieure, par des filaments nouveaux, latéraux et surajoutés, et qui, enfin, s'anastomosent ou s'entre-greffent de manière à former un réseau aranéeux et d'un blanc argenté ou amiantacé (fig. 3).

Cette végétation rayonnante et byssoïde, qui représente rigoureusement le thallus des Lichens rayonnants et étalés, qui n'est que l'arbre (1) qui précède les développements terminaux des appareils de la fructification, peut prendre quelquefois plusieurs pieds d'étendue, ou même continuer presque indéfiniment de s'alonger et de végéter par ses extrémités, à mesure que le centre se décompose (2).

M. Dutrochet a dit avec raison que l'arbre byssoïde dont il est ici question était semblable au squelette fibreux d'une feuille d'un végétal dicotylédon. Ce petit arbre rappelle bien mieux encore, 1° le développement anastomosé et réticulé des Gorgones foliacées ou en éventail (3); 2° toute la partie fi-

---

(1) C'est le Carcythe de Necker.

(2) Le thallus de ce champignon fait encore souvenir des feuilles orbiculaires, réticulées, stériles et couchées de l'*Acrostichum alcicorne*.

(3) La substance cornée, la couleur noire, le développement réticulé par anastomoses des ramuscules, dernier caractère qui existe déja dans le *Fucus* nommé *Claudea elegans* (Dict. des Scienc. nat., atlas, tom. 2, pl. 38); tout cela peut faire croire que la partie noire, centrale et cornée des Gorgones est une production marine voisine des *Fucus* et simplement recouverte par un polypier calcaire, comme tant d'autres Thalassiophytes le sont par des Flustres. L'organisation presque fibreuse des grosses nervures, et dont les fibrilles sont parallèles et disposées longitudinalement, ne diffère guère de celle des grosses tiges cylindriques des diverses espèces du genre

breuse ou vasculaire d'un arbre qui n'est, comme je l'ai dit il y a un instant, qu'un immense *Byssus*, dont les ramuscules filamenteux végètent agglutinés et pressés les uns contre les autres, comme le feraient tous les gramens d'une botte de foin, s'ils végétaient encore.

Une chose très-digne de remarque, c'est que la végétation dendroïde du Byssus qui nous occupe, n'a qu'un seul système de tige dans son développement. Toutes ses parties sont d'égale valeur; on ne peut y distinguer, comme dans beaucoup d'autres végétaux, des racines d'une part et des tiges de l'autre. La cause de cette égalité tient à ce que cette plante peut se développer en *entier* dans le même lieu. Mais on peut se demander ensuite si ces tiges représentent les racines, ou bien les tiges aériennes des autres végétaux appendiculaires du haut de l'échelle. Je pense qu'en raison de la disposition purement adventive de leurs rameaux, de leur instinct à fuir la lumière, et de leur couleur blanche, qu'on peut les considérer comme des racines, mais aussi, en même temps, comme des tiges aériennes, puisqu'on ne peut leur refuser l'analogie qu'elles ont avec le thallus aérien des lichens, et avec le système byssoïde intérieur et composant la tige des arbres.

C'est dans ce premier état de végétation, *seulement*, état qui peut assez bien être comparé à celui d'un arbre pendant

---

Laminaria. Mais, dans la supposition que la partie centrale et cornée des Gorgones soit une végétation marine, distincte du polypier crustacé qui la recouvre, comme on voit quelquefois des plantes enduites par des *Coccus*, il resterait toujours une grande difficulté, au moins pour l'instant : cette difficulté serait de savoir où est la fructification de cette végétation, et comment elle peut se reproduire pour son propre compte.

l'hiver, palissé en espalier, et encore dépourvu de ses feuilles et de ses fruits, que les Mycologues, croyant avoir sous les yeux un végétal complet ou terminé, ont fait leurs genres *Byssus* (1), *Mesenterica* (2), *Hypha* (3), *Himantia* (4), *Corallo-fungus* (5); genres qui doivent nécessairement être effacés de nos catalogues, comme l'a très-bien observé M. Dutrochet, puisqu'ils n'ont été caractérisés que d'après des plantes imparfaites, dépourvues de leur fructification, et que souvent leurs fruits, considérés isolément, ont été rangés, les uns parmi les Agarics, les Merulius, les Morilles, les autres avec les Bolets, comme si ces fruits avaient été des plantes entières.

Du sommet, ou plutôt de la partie terminale d'un grand nombre des rameaux du thallus réticulé, mais seulement de ceux qui se trouvent dans une situation pendante, il se développe des faisceaux composés d'un grand nombre de filaments simples, très-fins, de la longueur d'un à deux pouces, et que l'on peut comparer à des écheveaux de soie (fig. 5, 6, 7, 8, 9 et 10 en *a*).

Ces filaments, libres entre eux dans toute leur longueur, s'agglutinent ou se pelotonnent par leurs extrémités, et, enchevêtrés de la sorte, ils commencent le développement d'un fruit ou d'un appareil destiné à produire le dernier terme de toute végétation ; dernier terme qui consiste dans la forma-

---

(1) *Byssus parietina*, var. *argentea*. Fl. fr., 3e édit. tom. 2.

(2) *Mesenterica argentea*. Pers. Synop.

(3) *Hypha argentea*. Pers. Mycol. Europ.

(4) *Himantia argentea*. Pers. Champ. comest., pag. 66.

(5) *Corallo-fungus argentèus*, *Omenti-formis*. Vaill. Par., pag. 41, tab. 8, fig. 1.

tion des corps reproducteurs qui doivent s'isoler et perpétuer l'espèce plus loin.

On voit ces pelotons de filaments feutrés augmenter peu à peu de volume (fig. 6, 7, 8, 9, 10 et 11), s'ombiliquer dans leur centre (fig. 8), s'évaser ou s'étaler ensuite en un placenta aplati, fongoïde, aqueux, oblique ou auriculaire, ondulé en ses bords, variable dans sa forme et sa grandeur, selon les individus, d'un blanc mat de neige en-dessus, muni en-dessous d'un grand nombre de lamelles (1) ondulées séminulifères, d'un jaune luisant et orangé, parallèles et disposées du point d'attache du fruit vers sa circonférence. Ces lamelles, peu nombreuses d'abord, se multiplient au moyen de lamelles plus courtes qui se surajoutent entre les plus longues (fig. 11, 12, 13 et 14).

Il arrive quelquefois que les filaments d'un écheveau, en s'agglutinant parallèlement, continuent, en cet état, de végéter sous la forme d'un pédicule ordinaire, avant de s'épanouir dans le feutre du *Fruit-Agaric* (fig. 11, *b*). D'autres restent libres, flottent autour de ce pédicule et n'entrent point, comme éléments agglutinés, dans le développement du fruit.

D'après la description du fruit du *Byssus parietina, argentea*, que je viens de faire, il est aisé de voir que ce fruit est un champignon de l'ordre de ceux que les botanistes ont nommés des *Agaricus*, et parmi lesquels se trouve l'*Agaricus campestris* (2) ou le Champignon cultivé. Mais il devenait

(1) *Hymenium* des auteurs mycologues.

(2) *Agaricus edulis*, Bull.

nécessaire de s'assurer si ce Fruit-Agaric avait déja été signalé et nommé, comme plante entière, dans quelques ouvrages.

Les recherches faites à ce sujet par M. Dutrochet et par moi, n'ayant rien produit qui pût nous faire soupçonner la connaissance déja acquise de ce Champignon, je lui ai donné le nom de *Agaricus crispus*, à cause de ses lames séminulifères crispées ou ondulées (fig. 14, *b*).

Analyse microscopique des parties élémentaires et composantes de l'Agaricus crispus.

L'arbre rameux et réticulé ou le thallus aranéeux, observé sous le microscope, se compose, *entièrement*, de filaments blancs, transparents comme du cristal, et d'une finesse extrême. Ces filaments, simples d'abord, se multiplient ensuite par de nombreuses gemmations filiformes, latérales, qui, lorsqu'elles restent agglutinées côte à côte, épaississent successivement, et en s'alongeant, les plus gros rameaux du thallus; tandis que les plus petites ou les dernières développées, en se rencontrant fréquemment par leurs extrémités, se greffent entre elles de manière à former les mailles d'un réseau.

Sur les longs filaments simples qui terminent ceux réticulés du thallus, et qui donnent naissance au Fruit-Agaric, on distingue çà et là, à leur surface, des gemmes globuleux, ainsi que sur ceux feutrés qui forment la partie fongueuse du fruit.

Ce sont ces mêmes filaments feutrés du fruit qui s'alongent en-dessous, sous la forme de petites crinières longitudinales (fig. 15, *b*), et dont chaque crinule incolore produit, par ex-

tension, un grand nombre de séminules globuleuses, de grosseurs différentes, jaunes et reproductrices (fig. 16, *b*).

Aucun épiderme n'enveloppe cette agglomération de filaments, différemment disposés, selon les diverses parties de la plante. Partout ils sont à nu et réduits à eux seuls, comme le sont toutes les graminées dans une botte de foin.

C'est au développement de ces nombreuses crinières et au bien plus grand nombre des séminules jaunes, qui en émanent, qu'est due la formation des lames sinueuses, leur couleur dorée et le caractère distinctif du genre *Agaricus*.

Observations et réflexions comparatives.

On savait déja que le champignon comestible, tel qu'on le connaît vulgairement, tel qu'on le porte sur nos marchés, n'était, comme la pomme, la poire ou la pêche, que le fruit ou la partie terminale d'une plante ou d'une végétation filamenteuse et rameuse, qui le précédait dans son développement. Plusieurs botanistes nationaux et étrangers, parmi lesquels on peut citer Duchesne (1), Palissot-de-Beauvois (2) et Dupetit-Thouars, avaient déja fait connaître cette vérité et cette analogie avec les autres végétaux.

Mais personne encore, je pense, n'avait eu le bonheur de rencontrer un exemple aussi démonstratif de cette même vérité, que celui que M. Dutrochet et moi avons eu l'honneur

---

(1) Auteur cité par M. A.-L. de Jussieu. Gener. pl., pag. 5. Obs.

(2) Mém. sur les Champ. Ann. du Mus., tom. 8, pag. 335.

de mettre sous les yeux de l'Académie. Aucune figure passable n'avait encore fixé dans la science cette curieuse et très-intéressante végétation. Personne n'avait songé à y chercher des moyens de comparaison avec l'organisation et la physiologie des autres végétaux.

M. Dutrochet a fait voir dans son Mémoire que l'observation très-incomplète et les mauvaises figures publiées par Palissot-de-Beauvois ne se rapportaient nullement au développement parfait de l'*Agaricus crispus*, et que le champignon rudimentaire ou commençant, de cet auteur, naissait du centre d'une touffe de filaments verticaux sans anastomoses; filaments que l'on peut croire, en ce premier état, être le *Byssus floccosa* ou le *Bombycina* (1), et qu'enfin ce rudiment de champignon indiquait, par la formation de ses tuyaux, qu'il devait appartenir au genre *Boletus*.

Depuis la lecture du Mémoire de M. Dutrochet, M. de Blainville nous a communiqué un ouvrage, publié en 1783, par Defay (2), et dans lequel cet auteur fait connaître, dans un très-court Mémoire, une production fongueuse qui paraît être la même que celle décrite par Palissot-de-Beauvois, autant qu'il est possible d'en juger sans le secours des figures.

Cette production fongueuse s'était développée et se reproduisait constamment sur la surface intérieure de la trappe

---

(1) *Hypha bombycina.* Link. Nees. *Hyphasma floccosum.* Rebent. *Dematium bombycinum.* Pers. Synop. Byssus *floccosa*, Schreb.

(2) La Nature considérée dans plusieurs de ses opérations, etc. Mém. 17, intitulé : « *Sur une substance fongueuse, etc.* » Pag. 114 et 115, un vol. in-8°. Paris 1783.

d'un caveau qui dépendait d'une maison à Orléans, occupée alors par M. Beauvais-de-Préau.

Le thallus résultant de la germination et du développement d'une séminule de l'*Agaricus crispus*, rappelle parfaitement le thallus membraneux ou rameux des Lichens. Il rappelle encore toutes les évolutions rameuses et successives d'un arbre étalé et rampant, ou d'un arbre dirigé en espalier, moins cependant le tissu cellulaire, les nœuds vitaux symétriquement disposés, et les organes appendiculaires foliacés, qui n'existent point dans cette végétation uniquement encore composée de filaments simplement contigus les uns aux autres.

On y voit aussi, et la comparaison est juste, soit le squelette fibreux d'une feuille, celui d'un péricarpe, celui corné, noir et fucoïde d'une gorgone foliacée, soit enfin celui de tout le système fibreux, agglutiné et anastomosé des arbres, si bien représenté dans la composition de la dentelle du *Lagetta lintearia* (1).

Les faisceaux ou écheveaux de filaments simples qui terminent l'extrémité des rameaux réticulés de ce petit arbre byssoïde, représentent rigoureusement, soit le pédicule ordinaire des Champignons, soit la queue d'une Cerise, d'une Poire ou de tout autre fruit, dont les fibres simples et parallèles qui composent ces parties seraient libres entre elles et dégagées du tissu cellulaire qui les lient et les agglutinent (2).

---

(1) Laget à dentelle. Bois à dentelle de Saint-Domingue. *Daphne lagetto*, Swartz.

(2) Les pédoncules en écheveau de soie des fruits de l'*Agaricus crispus*, et ceux charnus, succulents, colorés et pommiformes de l'*Anacardium*

Le plateau lamellé et séminulifère, d'abord fermé sur lui-même, peut être justement comparé à une figue(1), et, dans son état adulte et étalé, à l'involucre plan et fructifère des *Dorstenia*, si surtout on dessoudait, par la pensée, toutes les fibres longitudinales et parallèles dont se compose le long pédicule de cet involucre fructifère.

Les lames ou les crinières séminulifères sont en pleine analogie avec les crinules ou les filaments rameux et pariétaux qui remplissent l'intérieur du fruit des Vesse-loup, et qui, également, donnent naissance à la prodigieuse quantité de séminules que ces péricarpes contiennent, et qui s'élèvent en fumée dans l'atmosphère lors de la rupture de leur enveloppe.

Ces crinières, ou au moins les crinules de ces crinières trouvent encore leurs analogues dans l'intérieur de la capsule quadrivalve des *Jungermannia* et des *Marchantia* (2), dans les fibres disposées en pinceau sphérique ou pyramidal, mais agglutinées en masse, dans les placentas centraux des fruits des Primulacées et des Caryophyllées, dont chacune, de son extrémité, donne lieu au développement d'une graine ou corps reproducteur.

On peut voir par le peu de comparaisons que je viens d'établir entre les diverses parties de l'*Agaricus crispus* et celles analogues de plusieurs autres végétaux d'un ordre

---

occidentale, ou pomme d'Acajou, sont deux cas très-opposés et très-curieux dans l'histoire du pédoncule fructifère des végétaux.

(1) *Ficus carica*, Linn. La différence qui existe entre le fruit fermé des Vesse-loup et celui ouvert des Agarics, peut être comparée à celle qui a lieu entre le fruit fermé des Figues et celui ouvert et étalé des *Dorstenia*.

(2) Mirbel, Élém., pl. 63, fig. 1, *ee*.

plus élevé, que cette plante est soumise, dans ses divers développements, à la loi générale qui régit l'organisation végétale tout entière; qu'elle a en elle tout ce qu'il y a d'essentiel, mais qu'elle manque encore de tous ces organes appendiculaires foliacés, et de toutes ces couleurs qui vêtissent d'une manière si brillante les végétaux monocotylédons et dicotylédons, et qui offrent aux yeux de l'observateur attentif l'un des plus beaux ornements de la nature.

Les végétaux appendiculaires possèdent trois modes de reproduction bien distincts : celui par la globuline contenue dans les vésicules du tissu cellulaire; celui des gemmes ou bourgeons adventifs, axillaires et terminaux, et celui par l'embryon de la graine.

Dans l'*Agaricus crispus*, on en distingue deux seulement : l'un, dans les petits globules qui naissent sur les filaments, soit des écheveaux, soit ceux feutrés du fruit; l'autre, dans les séminules jaunes développées sur les crinules des crinières qui forment les lames (fig. 14, *b c*, et fig. 15, *b*).

M. Dutrochet n'a pas manqué de faire remarquer, dans son Mémoire, que la belle couleur orangée des lames séminulifères était entièrement due à la couleur jaune des nombreuses séminules; une aussi belle couleur, développée dans l'obscurité très-grande d'une cave, où ordinairement toutes celles des autres végétaux s'étiolent et s'effacent, a quelque chose de remarquable, qui mérite peut-être l'attention des physiciens.

Cette remarque de M. Dutrochet peut également s'appliquer aux lames diversement colorées d'un grand nombre de Champignons. J'ai déja démontré que la couleur brun-chocolat de la chair des Truffes mûres et de bonne qualité était

occasionée par la présence et la couleur brune des nombreuses séminules ou truffinelles développées dans les vésicules transparentes et incolores du tissu cellulaire de ces tubercules.

J'ai également démontré que les couleurs verte, jaune, aurore, rouge, bleue, violette, dont les diverses parties des végétaux sont teintes, étaient dues, pour la plupart, à la couleur propre de la globuline développée et contenue dans les vésicules diaphanes et toujours sans couleur des tissus cellulaires, soit celui des tiges, soit celui des feuilles, soit celui des fleurs.

L'*Agaricus crispus*, comme on l'a vu, n'a pour composants organiques et tissulaires que des filaments byssoïdes simples ou feutrés en masse; aucun autre organe, si j'en excepte les globules reproducteurs, n'entre dans cette agglomération végétale; aucun organe creux, comme vésicule ou tube, n'y existe, et cependant il y a vie végétative dans cette agglomération. Les nombreux filaments byssoïdes, en continuant de s'étendre par leur extrémité, subissent trois modes de développement très-remarquables : 1° en se ramifiant et en s'anastomosant en réseau dans le thallus ou arbre (fig. 3) ; 2° en s'alongeant, sous forme d'écheveau de soie, en longs filaments simples et libres entre eux (fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9 et 10, *a*); 3° en se feutrant ensuite pour former toute la masse fongueuse du fruit (fig. 11, 12 et 13).

Comment se nourrit cette plante qui ne se compose, comme on vient de le voir, que d'un amas de filaments byssoïdes diversement enchevêtrés? Peut-on supposer ici une sève montante et une sève descendante, comme on l'a imaginé pour ces plus grands amas de byssus, de conferves, de globules et

de vésicules que nous nommons des arbres? Où est dans cette végétation fongueuse le siége de la vie?

A la première question on peut répondre que toute la plante étant plongée dans le milieu humide d'une cave, chaque filament, comme *individu distinct*, absorbe par tous les points de sa surface, et *seulement pour son propre compte*, sans qu'il soit utile de supposer une marche réglée pour l'eau nutritive appelée à pénétrer l'agglomération filamenteuse, par le besoin particulier d'assimilation qu'éprouve chacun des individus composants.

On démontrera facilement que dans les grands végétaux, qui ne sont que des agglomérations plus considérables que celle du Champignon qui nous occupe en ce moment, l'absorption et la nutrition se font d'une manière tout aussi simple, et qu'il suffit que les individus composants de l'agglomération dendroïde soient suffisamment environnés d'eau muqueuse ou de sève, pour que chacun d'eux, et pour son propre compte *seulement*, se nourrissent par absorption et par assimilation, sur le lieu de l'agglomération tissulaire qu'ils occupent et où ils ont pris naissance.

La sève, dans l'épaisseur de l'agglomération dendroïde, éprouve bien quelquefois certains mouvements, certains déplacements; mais ces déplacements n'ont rien de réglé, ni rien de constant; ils sont toujours subordonnés, 1° aux besoins de nutrition qu'éprouvent, sur les divers points de l'association, les divers individus composant l'agglomération; 2° à la différence qu'offrent souvent, sous le rapport de l'humidité et de la sécheresse, les milieux terrestres et aériens dans lesquels les arbres sont, tout à la fois, plongés et comme

suspendus. Je ne sais comment il serait possible d'imaginer une sève montante et une sève descendante, dans une végétation sphérique, comme celle, par exemple, des *Cactus* meloniformes, de l'énorme fruit du Potiron, de tous les tubercules arrondis, dans la boule rameuse du Gui (1), dans les rameaux étalés horizontalement du *Mespilus linearis*, dans les rameaux arqués et pendants des Frênes et des Saules pleureurs, et enfin dans presque tous les arbres qui, considérés dans leurs développements terrestres et aériens, forment naturellement des sphères composées de rameaux qui rayonnent dans tous les sens à la fois.

Dupetit-Thouars en écrivant « *que la sève ne se portait jamais que là où elle était appelée,* » a rendu en peu de mots cette vérité.

Lorsque dans la composition des tissus, il se trouve des individus creux, comme ceux des vésicules agglomérées en tissus cellulaires, des individus tubuleux comme ceux dont on a fait des vaisseaux, puis encore, quelquefois, ces autres cavités ou espaces (2), produites par la rencontre de cinq vésicules sphériques et contiguës; ces cavités et ces espaces deviennent naturellement autant de réservoirs pour l'air et pour l'eau séveuse, dont les individus qui contiennent ou qui sont environnés de ces deux grands agents de la végétation, s'abreuvent et font leur profit.

---

(1) *Viscum album*. Linn.

(2) Méats intercellulaires des anatomistes. Espaces insignifiants, produits par la rencontre de cinq vésicules sphériques, qui ne peuvent se toucher que par un point de leur périphérie.

Mais on aurait tort de croire que ces trois sortes de cavités ont eu pour destination, les unes, comme celles des vésicules du tissu cellulaire, de tenir de la sève en réserve, et les autres, comme celles des tubes, *souvent articulés ou cloisonnés* (1), de la conduire d'un lieu de l'association dans l'autre. Sans doute la sève, lorsqu'il arrive qu'elle se déplace *fortuitement*, profite de tous les conducteurs qu'elle rencontre sur son passage, comme le fait l'eau dans l'intérieur de la terre. Dans une masse simplement fibreuse, comme celle de l'*Agaricus crispus* ou de tout autre Champignon, l'eau nutritive suit le long des individus filamenteux de la même manière que l'eau s'élève successivement le long des fils d'une corde plongée dans ce liquide par l'une de ses extrémités, ou mieux encore de cette même corde placée en totalité dans un milieu également humide.

Tous les individus globuleux, vésiculeux, fibreux et tubuleux, simplement associés dans l'agglomération générale d'un arbre, étant toujours plongés dans un milieu aqueux et nutritif, chacune de ces existences particulières peut absorber et se nourrir sur le point où elle se trouve.

Ces agglomérations d'individus distincts, dont se composent les masses tissulaires végétales, sont entièrement com-

---

(1) Ces cloisons sont identiques avec celles des Conferves, celles de la tige tubuleuse des Charas, des Graminées, des Ombellifères, etc. Dans tous ces cas, c'est un nœud vital qui interrompt la cavité tubulaire, et duquel, comme conceptable, il peut résulter le développement d'un ou de plusieurs bourgeons latéraux qui, dans les tigellules agglutinées des tiges composées des arbres, servent à augmenter le diamètre de ces tiges, et dans les Conferves, les Charas, les Graminées et les Ombellifères, à multiplier le nombre de leurs rameaux.

parables aux agglomérations composées d'individus végétaux confervoïdes, qui vivent dans le sein des eaux et parmi lesquels on trouve, sous le rapport des formes, tous les représentants de ceux, si méconnus, qui entrent dans l'association agglutinée des végétaux d'un ordre plus compliqué.

Il en est de globuleux, comme les Protosphéries; de vésiculeux et contenant de la globuline reproductrice, comme les Bichaties et les *Palmella rupestris;* de fibreux, comme les Protonèmes; de tubuleux simples ou cloisonnés, comme les Conferves simples ou rameuses; d'étranglés en forme de chapelet, comme quelques Conferves, mais bien mieux comme les Nostochs et les articles séminulifères des Monilies; et enfin, il en est qui, contournés comme des ressorts de bretelles (1), représentent, à s'y méprendre, ces fibres spirales que l'on a nommées très-improprement des trachées; dénomination vicieuse empruntée au règne animal, et que Henri Cassini a justement remplacée par celle d'Hélicine.

Peut-on dire que ceux de ces végétaux confervoïdes qui sont tubuleux, et si analogues à ceux qui naissent et se développent dans la masse agglutinée des végétaux ligneux, sont des vaisseaux destinés à conduire un liquide? On ne peut le croire : il est bien plus simple, bien plus vrai de les comparer aux tiges tubuleuses des Charas composés, des Graminées, des Ombellifères, etc., et de dire : Cette Conferve tubuleuse, quoique végétant en société avec un grand nombre de ses semblables, étant environnée de toute part d'eau nutritive, se nourrit à la fois par tous les points de ses deux surfaces.

---

(1) *Spirulina oscillarioides.* Turp., Dic. des scienc. nat., tom. 50, pag. 309. Atl., tom. 2, pl. 15.

Quant au siége de la vie, soit dans l'agglomération du Champignon qui nous occupe, soit dans l'agglomération de tout autre végétal, on peut répondre qu'il est dans tous les points de toutes les parties de l'agglomération qui vivent encore.

A l'explication toute physiologique que nous a donnée M. Dutrochet, de la cause qui produit, dans les vieilles prairies, le Cercle des Sorciers ou des Fées, par le développement souterrain d'un thallus byssoïde et concentrique qui, à mesure qu'il s'avance par tous les points de sa circonférence, meurt par son centre ou par ses parties les plus anciennes (1), j'ajouterai que ces thallus, qui commencent par une séminule ou par un bourgeon, qui végètent ensuite en thallus rameux mais *unique*, finissent, en se décomposant dans leur centre ou dans leurs souches, par être composés, comme dans le cas du Cercle des Sorciers, d'un nombre considérable *d'individus distincts*, qui, pour lors, vivent chacun pour leur propre compte, tout en suivant la direction rayonnante, en agrandissant le cercle et en multipliant de plus en plus le nombre des individus.

Assez souvent on rencontre sur le tronc des arbres et sur

---

(1) Davy, dans sa Chimie agricole (Traduct. de A. Bulos, 1819, tom. 2, pag. 107-108), fait mention du Cercle des Magiciens, et en fait connaître la progression circulaire et la physiologie, d'après le docteur Wollaston.

Bosc, dans le Nouveau cours d'Agriculture, tom. 3, pag. 556, sous la dénomination de Cercle ou Anneau magique, parle de ce phénomène sous le rapport de la cause qui le produit, et qu'il croit être due au développement progressif de l'*Agaric* odorant ou Mousseron, et sous celui des idées superstitieuses que l'ignorance y attache.

les rochers, d'anciens Lichens, dont toute la partie centrale ne vit plus, sans être cependant encore décomposée, tandis que d'autres, plus avancés en âge, n'offrent plus que des cercles végétant et s'étendant par tous les points de la circonférence. Plus ces Lichens sont rameux, de leur nature, plus les vieux cercles se composent d'un plus grand nombre d'individus distincts.

Il est facile de sentir que ce que je viens de dire sur la destruction de la partie centrale du thallus des Champignons et des Lichens crustacés, et sur la grande multiplication des individus, à mesure que les souches-mères se décomposent, s'applique parfaitement aux arbres, qui ne sont que de grands thallus à éléments agglutinés, sous la forme de troncs rameux, couchés ou verticaux. Cela explique comment les plus anciens individus de l'agglomération, en passant à l'état de *bois fait*, cessent de vivre (1), et comment c'est toujours par leur décomposition que les arbres se vident ou se creusent dans leur intérieur; comment les fibres et les tubes, qui ne végètent que par celle de leur extrémité qui regarde l'extérieur de la masse tissulaire, se multiplient en un nombre prodigieux d'individus particuliers qui, alors, vivent tous pour leur propre compte dans l'agglomération générale de l'arbre, jusqu'au moment où la vie composée de celui-ci cesse entièrement.

J'ai eu dans mon jardin, pendant dix ans, l'image vivante de l'accroissement des masses tissulaires des végétaux composés. Pour établir cette image, j'avais choisi six individus

---

(1) La preuve que le bois ne vit plus, se trouve dans ce que cette partie n'est plus susceptible de se greffer vitalement. Ceci est une pierre de touche qui ne laisse aucun doute sur cette vérité.

du *Polygonatum multiflorum* très-égaux, c'est-à-dire, dont les tiges traçantes et souterraines étaient de même force et offraient, chacune, six mérithalles ou articles dans leur composition.

J'avais disposé, dans la terre, ces six individus dans un ordre rayonnant, de manière à ce que les six mérithalles inférieurs se touchassent vers le centre, et à ce que les six bourgeons terminaux formassent, à la circonférence, autant de points indicateurs d'un cercle.

En cet état, je supposais que les six bourgeons terminaux simulaient l'écorce; les six mérithalles, qui venaient immédiatement après, l'aubier ou le jeune bois; et les cinq autres, de chaque individu, autant de zones concentriques et imitant le bois fait.

Tous les ans il arrivait que ce corps circulaire, composé artificiellement de six individus vivants, augmentait dans sa circonférence par le développement de six bourgeons nouveaux, et qu'en même temps il se vidait au centre par la destruction des six mérithalles les plus anciens.

De ces six individus, que j'avais disposés comme je viens de le dire, il ne m'en reste plus qu'un qui végète seul et semble voyager dans mon jardin. Après être sorti du carré où je l'avais d'abord établi avec ses cinq autres camarades; après avoir traversé une bordure de buis, il se trouve maintenant au milieu d'une allée.

La multiplication des individus fibreux et tubuleux dans les arbres, par le double moyen de gemmes latéraux et de leur isolement des fibres ou des tubes-mères, par cessation de vie ou par décomposition dans les souches, est entièrement en rapport avec la multiplication des individus, sans

nombre, des Polypes rameux qui se développent en générations successives, et dont la disposition de l'association affecte assez souvent la forme générale d'un arbre calcaire.

Désassociez tous ces petits animaux, vous n'aurez plus d'agglomération dendroïde, il n'y aura plus que des individus isolés, sans aucune disposition symétrique dans leur ensemble; vous n'aurez plus qu'une société désorganisée.

Désagglomérez, par la pensée, tous les individus globuleux, vésiculeux, fibreux et tubuleux, dont se compose la masse tissulaire d'un arbre, il ne restera plus qu'un monceau de végétaux simples et confervoïdes.

J'ai fait connaître que les Lépras, considérés par les botanistes comme des individus crustacés et dans lesquels ils cherchaient *inutilement* l'appareil de la fructification (1), n'étaient que d'immenses agglomérations ou des forêts microscopiques, composées d'un nombre prodigieux d'individus distincts, ayant tous leur centre vital particulier d'absorption, d'assimilation, d'accroissement et de reproduction; que chacun de ces individus se composait, pour toute organisation, d'une vésicule sphérique, des parois internes de laquelle naissait, par extension, une nouvelle génération destinée à perpétuer l'espèce. A cette époque j'appelai l'attention des physiologistes sur la grande analogie qui existe entre ces individus sphériques et vésiculaires des Lépras, contenant, dans leur intérieur, leurs globules reproducteurs, et ces autres individus

---

(1) « Leurs réceptacles sont encore inconnus. Les Lichens classés ici sont peut-être des espèces de la troisième division, dont on ne connaît pas encore la fructification. » Fl. fr., 3e édit., tom. 2, pag. 322.

sphériques et vésiculaires, composant, *par simple contiguïté,* les tissus cellulaires, et qui contiennent aussi ces globules de toutes couleurs, quelquefois reproducteurs, et auxquels j'ai donné le nom de globuline.

Les Nostochs ou les Trémelles ont été également, et le sont encore, regardés et décrits comme des individus formés d'une enveloppe membraneuse, remplie d'une espèce de gelée, et dans laquelle on distingue une multitude de filaments moniliformes (1). L'enveloppe membraneuse et la gelée des Nostochs sont deux choses purement imaginaires. Ce que nous appelons du nom de Nostoch est, pour la vue simple, une masse informe, et sans étendue déterminée, d'aspect gélatineux ou de colle animale humectée; cette masse, comme la croûte des Lépras, est encore, vue sous le microscope, une agglomération d'individus, mais d'individus filamenteux, moniliformes (2), parfaitement libres entre eux, et éprouvant, en quelque sorte, le besoin de l'association ou du groupement en masse, de la même manière que certains petits vers intestinaux se pelotonnent les uns sur les autres.

Les Bichaties (3), qui se développent par petites masses gélatineuses, verdâtres et très-aqueuses, sur les parois intérieures

---

(1) Fl. fr., 3e édit, tom. 2, pag. 2.

(2) Dict. des scienc. nat. Atl., tom. 2, pl. 12. Les nombreux articles dont se composent ces individus filamenteux et moniliformes, sont identiques avec ceux que nous nommons des mérithalles, sur les scions annuels des végétaux appendiculaires. Souvent le dernier des articles vésiculaires des Nostochs devient plus grand que tous les autres, et produit, dans son intérieur, des séminules reproductrices. Il devient, dans ce cas, le péricarpe de ces végétaux.

(3) *Bichatia vesiculinosa*. Turp., Dict. des scienc. nat. Atl. tom. 2, pl. 10.

des vitres des serres chaudes et très-humides, pourraient aussi, comme les Nostochs et les Lépras, être considérées dans leur masse comme des individus distincts, si l'observation, aidée du microscope, ne nous démontrait pas que ces intéressantes productions sont toutes composées d'individus vésiculaires distincts, contigus, quelquefois écartés les uns des autres, sans couleur, transparents comme du cristal, et dans l'intérieur desquels sont nés quelques globules verts et reproducteurs de l'espèce.

Dans cette production végétale, se trouve toute l'explication des tissus cellulaires végétaux. Là, on surprend la nature s'essayant, pour la première fois, à faire ce tissu. On voit qu'elle agglomère, qu'elle agglutine ensemble des individus vésiculaires, contenant leur globuline verte et reproductrice.

Les Oscillaires, qui tapissent en velours noir les pierres qui avoisinent les fontaines, et qui paraissent à la vue simple comme des membranes illimitées dans leur étendue, sont encore de grands herbages microscopiques, dont les individus filiformes, d'une ténuité extrême, sont finement cloisonnés en travers, et offrent ce mouvement tout hygrométrique, d'abord lent et ensuite de détente, que tout le monde connaît. Encore ici, comme dans les Nostochs, les naturalistes ont supposé un mucus enveloppant ou liant en seul corps les nombreux individus filiformes (1).

La Truffe comestible (2), dont j'ai fait connaître l'organisation et les moyens de reproduction, est une agglomération

---

(1) Chevalier, Fl. des env. de Paris, tom. 1, pag. 18.

(2) *Tuber cibarium*. Bull. Dict. des scienc. nat. Atl. tom. 2, pl. 46.

arrondie en tubercule mamelonné, entièrement composée de l'association, par simple contiguité, d'un nombre considérable d'individus globuleux, vésiculaires, transparents et sans couleur, à distance les uns des autres, chargés de la reproduction, et contenant dans leur intérieur, des séminules ou truffinelles analogues à la globuline des vésicules du tissu cellulaire des autres végétaux. Parmi ces vésicules reproductrices, végètent d'autres individus fibrillaires, stériles et entièrement comparables aux individus filamenteux qui végètent entre les vésicules du tissu cellulaire des végétaux d'ordre plus élevé (1).

Si, dans l'association en masse des individus vésiculaires des Bichaties, on trouve l'explication du tissu cellulaire végétal, on peut dire que, dans la composition de la truffe, qui est tout à la fois vésiculaire et fibrillaire, on trouve celle des masses tissulaires des arbres, dans lesquelles végètent ensemble des individus vésiculaires et des individus filamenteux, pleins ou devenus tubuleux.

Dans l'*Agaricus* que nous faisons connaître en ce moment, M. Dutrochet et moi, il n'y a pour le composer, comme nous l'avons dit, qu'une association de filaments individus qui vivent en famille sous la loi d'agglomération, mais tout aussi isolément que les individus globulaires et vésiculaires des Lépras, que ceux moniliformes des Nostochs, que ceux vésiculaires des Bichaties, que ceux filiformes des Oscillaires, que ceux, les uns vésiculaires, les autres fibrillaires, de la Truffe, que les nombreux Polypes d'un Polypier, que chaque poil animal implanté dans la peau.

(1) Les vésicules agglomérées des Truffes ne contiennent jamais plus de *quatre* Truffinelles provenues d'autant de grains de globuline développés.

Conclusions.

1° Les premières productions organisées que l'on voit sortir du chaos muqueux, sont les globuleuses que j'ai nommées des Protosphéries, et les filamenteuses, que j'appelle des Protonèmes. Dans ces deux productions des plus simples possibles, est le point de départ ou l'origine du règne organique. Là, on surprend la nature faisant, avec de la matière muqueuse, son premier essai d'organisation, en même temps qu'elle forme les deux existences élémentaires dont elle se sert, ensuite, pour composer toutes les masses tissulaires des êtres organisés complexes par aggrégation.

2° Avec des individus globuleux de Protosphéries agglomérés, on ferait une masse de tissu globulaire.

3° Avec des individus filamenteux de Protonèmes agglomérés ou enchevêtrés, on ferait une masse de tissu filamenteux, comme celle qui compose, par exemple, la masse tout entière de l'*Agaricus crispus*, ou de tout autre champignon.

4° Un globule individu de Protosphérie, en se développant et en se creusant à l'intérieur, devient une vésicule, des parois internes de laquelle il peut naître, par extension, des gemmes globuleux et reproducteurs de l'espèce.

Une vésicule ainsi produite peut être un individu vésiculaire de Lépra, de *Palmella rupestris*, de Bichatie, de l'un de ceux agglomérés en masse de tissu cellulaire dans tout le reste des végétaux.

5° C'est dans la Bichatie des vitres des serres chaudes, simplement composée d'individus vésiculaires, et contenant à

l'intérieur leurs globules reproducteurs, que la nature nous laisse apercevoir les moyens qu'elle emploie dans la formation et la composition du tissu cellulaire. On y voit, dans la même masse, des individus vésiculaires placés à distance, d'autres qui se touchent par simple contiguité, et d'autres enfin qui, ayant manqué d'espace pour leur développement, se sont gênés mutuellement, de manière à offrir ces vésicules hexagonales si communes dans les tissus cellulaires.

6° Un individu filamenteux de Protonème, en se creusant à l'intérieur, comme se creuse la tige d'une graminée, devient tubuleux. En cet état il représente soit une Conferve, soit un individu de *Nitella*, soit un de ces individus confervoïdes, agglomérés dans la tige composée des végétaux complexes et dont on a fait des vaisseaux.

7° C'est dans l'*Hydrodictyon*, dans l'Oscillaire composée (1), dans les tiges du thallus des champignons, et dans le groupe des Characées, que la nature, pour la première fois, agglomère des individus confervoïdes, pour arriver ensuite à former, par des répétitions successives du même moyen, les masses tissulaires plus épaisses et plus composées des arbres.

8° C'est dans la composition tissulaire du tubercule de la Truffe que commence l'amalgame des tissus cellulaire et fibreux.

9° La masse tissulaire des végétaux appendiculaires est une grande agglomération dendroïde, composée d'existences distinctes, les unes globuleuses, comme les Protosphéries, les autres vésiculeuses, comme les Bichaties, les autres filamen-

(1) *Oscillatoria chthonoplastes.* Lyngb.

teuses (1), comme les Protonèmes, et enfin les autres tubuleuses, simples ou cloisonnées, comme les Conferves.

Toutes ces existences, simplement agglomérées ou agglutinées par leur propre *suint*, si je puis me servir de cette expression, ont toutes leur centre vital particulier d'absorption, de nutrition, d'accroissement et de reproduction.

Semblables aux brindilles les plus extérieures d'une botte de foin, qui s'écartent et s'isolent par leurs extrémités de l'association artificielle de toutes ces graminées, on voit souvent aux surfaces ou aux extrémités des masses tissulaires des végétaux, les existences confervoïdes, filamenteuses ou tubuleuses, s'échapper de l'agglutination, continuer, en cet état, de s'alonger et de flotter autour de la masse soudée, comme cela s'observe dans le chevelu et les poils des racines, dans la frange élégante qui borde les feuilles de la *Jungermannia pulchella* (2), dans les stigmates plumeux des graminées, dans les poils nombreux, confervoïdes et cloisonnés qui tapissent l'intérieur du péricarpe ou cosse de la Fève de marais, etc., etc.

10° Dans une telle agglomération d'individus distincts, agglomération pouvant assez bien être comparée à celle d'une

---

(1) Depuis la lecture de ce Mémoire, j'ai trouvé dans un écrit publié par Dupetit-Thouars, en 1816, ayant pour titre : *De la terminaison des plantes*, une phrase dans laquelle ce savant auteur s'exprime de manière à faire connaître qu'il considérait chaque fibre comme un individu. « C'est ce qui m'a fait penser, dit-il, que pour parvenir à l'individu végétal, il fallait descendre jusqu'à une fibre *ligneuse*. »

(2) Hooker, *Musci Exotici*, tom. 1, pag. et tab. 94.

botte de foin ou d'une poignée de conferves filamenteuses (1), on ne peut admettre une sève qui monte, et une sève qui descend, et des vaisseaux particuliers destinés à conduire la sève, comme les canaux souterrains reçoivent et conduisent les eaux en certains lieux.

Les existences tigellulaires et confervoïdes, que l'on a prises pour ces vaisseaux conducteurs, étant toujours sans issues et souvent divisées en locules par de nombreux diaphragmes, comme leurs analogues les conferves isolées, ne peuvent conséquemment servir aux fonctions qu'on leur suppose.

11° L'eau muqueuse et nutritive absorbée par tous les points de la surface d'un arbre, mais seulement à des degrés différents de succion vitale, y pénètre *intersticiellement*, comme dans une éponge, comme dans une corde, comme dans une masse de Conferves, comme dans l'arbre coupé qui ne végète plus, et, enfin, comme dans la masse filamenteuse des Champignons. Toute la masse tissulaire et rameuse de l'arbre étant abreuvée de liquide nutritif, chacune des existences confer-

---

(1) On trouve, au mois de mai, sur les prairies qui ont été couvertes d'eau pendant l'hiver, et une partie du printemps, et dans laquelle eau vivait en grande quantité la conferve nommée Conjuguée à portique (*Conjugata porticalis*), on trouve, dis-je, de grandes membranes cornées, d'un noir d'ébène, sorte de bois formé de l'assemblage agglutiné d'une quantité immense d'individus tubuleux de la conferve dont nous venons de parler. Ces feutres, qui ont la plus grande analogie avec ceux que forment les oscillaires, fournissent l'explication d'un morceau de bois, dans la partie fibreuse duquel il n'y a, également, que des individus confervoïdes agglutinés.

voïdes et composantes absorbe et se nourrit, pour son compte *seulement*, sur le point de l'agglomération où elle est née et où elle se trouve plus ou moins baignée d'eau séveuse. Il est presque inutile de dire maintenant que l'eau nutritive, comme je viens de l'expliquer pour l'association arboriforme, attirée par l'appétit et le besoin d'assimilation qu'éprouve, *en particulier,* chacune des existences confervoïdes et composantes, pénètre celles-ci et se loge *intersticiellement* entre leurs molécules muqueuses, sur lesquelles elle dépose, par une *véritable juxta-position*, des molécules nouvelles et de même nature.

12° L'arbre, considéré comme une agglomération formée d'un nombre prodigieux d'individus confervoïdes, n'a point d'absorption vitale par lui-même; cette faculté appartient aux seuls individus composants, de la même manière que cela se passe, soit dans une grande association arboriforme de polypes distincts, soit dans un essaim d'abeilles, et dans lesquelles associations il n'y a de sujet aux besoins d'appétit, d'absorption, de nutrition, d'accroissement et de reproduction, que chez les divers individus aggrégés et composants.

13° Dans une association végétale on distingue quatre sortes de cavités : la cavité des individus vésiculaires, la cavité des individus tubuleux, la cavité des méats intercellulaires, et la cavité lacuneuse produite par des retraits ou par des décompositions des deux sortes d'individus dont nous venons de parler.

Ces quatre sortes de cavités deviennent des lieux dans lesquels se forment, par dépôts, les substances diverses que fournissent les végétaux et ces nombreux cristaux de formes et de dimensions différentes, tantôt isolés, tantôt agglomérés

longitudinalement en botte d'asperges (1), et tantôt en sphéroïde rayonnant (2).

14° Indépendamment des nombreuses existences simples et confervoïdes qui composent, par association, les masses tissulaires des végétaux, on peut en outre toujours distinguer, comme on le fait, celles, plus composées, qui résultent du développement annuel des bourgeons et qui, au lieu de s'isoler de l'aggrégation-mère de l'arbre, restent entées à la suite les unes des autres, de manière à multiplier le nombre des rameaux et à augmenter la masse totale de cette sorte de grand Polypier végétal.

L'Organogénie et la Physiologie d'un immense Polypier sont toutes dans l'étude d'un seul des nombreux Polypes développés et logés à la surface du Polypier. Qui en connaît bien un connaît également tous les autres, la masse tout entière n'offrant que des répétitions de ce que l'on sait déja. Il en est de même d'un arbre ou de tout autre végétal composé. Sa Physiologie, seulement étudiée dans l'un des innombrables individus qui le forment par agglomération, devient très-simple, puisqu'elle se borne à la vie, au besoin de se nourrir, à l'absorption, à l'assimilation, à l'accroissement et à la reproduction de chacun des individus élémentaires, confervoïdes et composants de l'*agglomération arboriforme*.

---

(1) Turpin, Obs. sur la Famille des Cactées. Ann. de l'Inst. Hort. de Fromont, ann. 1830, pl. 3, fig. 15, *ddddd*. Meyen, Phytotomie. Atl., tab. 12, fig. 1, *bbbb*.

(2) Turpin, même travail déja cité, pl. 3, fig. 12. Meyen, fig. 1, *cccc*.

Deux grandes sortes d'individus distincts, mais seulement agglutinés les uns aux autres, composent cet agglomérat. La première consiste dans des individus globuleux, et pouvant devenir vésiculaires par suite de développement : ceux-là donnent lieu, par aggrégation, soit au tissu globulaire, soit au tissu cellulaire ou vésiculaire. La seconde consiste dans des individus filamenteux, susceptibles, en se développant, de devenir tubuleux : ceux-ci, qui végètent entre les individus globuleux ou vésiculaires, sont désignés, en masse, sous la dénomination de tissu filamenteux et de tissu vasculaire.

On ne peut croire que les individus globuleux pleins, ou devenus vésiculaires, et les individus filamenteux, ou devenus tubuleux, se confondent jamais de manière à ce que les premiers, en se développant, prennent la forme des seconds.

J'ai dit, dans le commencement de cet écrit, que du moment où le règne organique sort du chaos muqueux, que les deux premières productions sont déja, l'une globuleuse, et l'autre filamenteuse; et que ces deux existences primitives sont destinées, comme éléments, à former, par association, les deux grandes sortes de tissus que l'on remarque dans la composition solide des végétaux.

De même qu'un énorme Polypier a commencé par un seul Polype, de même l'agglomération tissulaire et arboriforme d'un végétal commence par un seul globule, une seule vésicule, un seul filament, un seul tube, qui, en se multipliant ensuite par de nombreuses générations gemmipares, vivant et mourant agglutinées, forment, par l'effet de cette agglutination, ces masses solides que nous nommons du bois.

Un grand *Byssus* fascié et agglutiné dans une partie de

ses rameaux filamenteux et rameux, serait l'équivalent d'un arbre.

Lorsqu'il arrive que quelques-uns des rameaux déja composés de ce dernier, s'agglutinent, accidentellement, soit côte à côte, comme dans la Célosie à crête (*Celosia cristata*) et dans les Frênes, soit autour d'une tige-mère, comme dans le cas des *Paullinia*, signalé par M. Gaudichaud, on a, dans ces sortes de collages par approche, ce que l'on appelle communément des tiges fasciées.

Un arbre dont les rameaux se souderaient les uns aux autres, ne serait plus composé que d'un gros tronc unique; ce serait une grande association d'individus confervoïdes végétant ensemble sous l'état d'agglutination.

S'il m'était possible de mettre sous les yeux des naturalistes la longue série des observations microscopiques que j'ai faites sur les végétaux très-simples, confervoïdes et isolés dans l'espace, comparés à leurs analogues vivant en association agglutinée dans la masse tissulaire des végétaux solides et composés, les vérités que j'ai exposées seraient, j'ose m'en flatter, adoptées en un instant.

On ne crut pas d'abord celui qui osa dire le premier que, dans le végétal appendiculaire le plus complet, il n'y avait, considéré à l'extérieur, que deux choses : une tige et des organes appendiculaires foliacés, identiques, bordant ou protégeant, chacun, un nœud vital destiné à la reproduction. Que, conséquemment, le péricarpe et le tégument de la graine étaient toujours le composé d'une ou de plusieurs feuilles soudées de diverses manières, et servant à abriter le développement de ces bourgeons terminaux que l'on nomme des embryons;

que les podogynes et les cordons ombilicaux n'étaient que des mérithalles de tige, etc. Aujourd'hui que, sur cet objet, les preuves se sont accumulées, le même homme oserait à peine en parler, tant cette vérité d'organogénie est généralement reconnue et devenue vulgaire. Une autre vérité, plus nouvellement annoncée, consiste dans ce qu'un embryon entièrement développé sous l'enveloppe de la graine, est un bourgeon terminal, qui n'a encore grandi que dans le *seul* sens ascendant(1), qui, conséquemment, n'a rien en lui qui puisse être

---

(1) Lorsque je dis que dans le développement d'un embryon, encore contenu sous ses enveloppes protectrices, il n'y a eu que le *seul* accroissement ascendant, j'entends que, comme tous les autres bourgeons végétaux, il ne s'est alongé qu'en éloignant de plus en plus son sommet du point qui l'unit ou qui l'unissait au végétal-mère, dans l'origine de sa formation; car je n'ignore pas qu'il y a un grand nombre d'embryons pendants, comme le sont, par exemple, les bourgeons terminaux des rameaux arqués et pendants du Frêne pleureur, qui, malgré leur direction vers la terre, n'en appartiennent pas moins pour cela à la végétation ascendante.

Un embryon végétal, véritable bourgeon terminal, né par extension du végétal-mère, ne peut avoir en lui aucune partie qui puisse être considérée comme une racine; il faut, pour que cette partie ait lieu, qu'il soit d'abord détaché du végétal qui lui a donné naissance, et ensuite soumis aux premiers développements de la germination, car un embryon confié au sol est une bouture qui s'est isolée d'elle-même, et qui, de sa base ou du point de séparation, pousse des racines comme le font les boutures ordinaires et les bulbilles, dans lesquelles on ne s'est jamais avisé de trouver des radicules.

D'après cette considération des plus positives, il est utile, si on veut être vrai, si on tient à ce que la science des végétaux devienne une science

considéré comme une *radicule*, et pourtant on n'en continue pas moins encore tous les jours de prendre pour cette partie, qui ne peut commencer d'exister qu'au moment de la germination, la tigelle ou le mérithalle primordial de ce petit être.

La trop grande étendue de cet écrit m'oblige à m'arrêter, mais en me promettant, toutefois, de revenir en détail sur ce sujet très-important, afin de démontrer, par partie, combien, faute d'avoir été chercher l'explication des végétaux les plus complexes dans l'étude des plus simples, on a compliqué l'organisation végétale si simple, si méthodique et si graduée, au point que l'on peut dire : que le règne végétal tout entier, considéré depuis le globule d'une Protosphérie, jusqu'à l'arbre le plus parfait, n'est que l'immense développement successif et gradué d'un grand et unique végétal.

---

simple et précise, de substituer, dans les descriptions de l'embryon végétal, la dénomination de tigelle, qui est *rigoureusement vraie*, à celle de *radicule*, qui est *certainement erronée*. La prétendue radicule d'un embryon est l'article ou le mérithalle ascendant et primordial de cette plantule; c'est lui qui, en grandissant dans la germination de certains embryons, élève les cotylédons au-dessus du sol (cotylédons épigés), et qui, dans la rave et le radis, comme je l'ai fait connaître, s'épaissit en tubercule terminé par la vraie racine, qui est toujours menue et en forme de queue de souris.

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Une portion de planche à bouteilles, servant de territoire au développement de l'*Agaricus crispus* figuré dans tous ses détails.

Fig. 1, 1. Première végétation rayonnante, filamenteuse et rameuse de l'agaric.

Cette première végétation est le produit d'un sporule ou d'une séminule semblable à ceux figurés 15, *b*, *c*; c'est une véritable germination qui ne diffère en rien de celle de tous les autres végétaux, puisqu'elle est l'extension ou l'élongation d'un corps destiné à reproduire ou à perpétuer son espèce.

Fig. 2, 2. Deux individus un peu plus avancés.

Fig. 3, 3. Deux individus parvenus à leur plus grand développement. Cette plante, excessivement rameuse, rayonne dans tous les sens, mais en restant toujours étalée, soit sur la terre humide, soit sur les vieilles planches, dont elle tire la plus grande partie de sa nourriture. Ses nombreux rameaux, en se multipliant, s'anastomosent ou s'entregreffent, de manière à former une dentelle très-élégante, et à rappeler le squelette fibreux de la feuille d'un végétal dicotylédon, et plus particulièrement la formation et le développement de la feuille cornée des gorgones disposées en éventail. C'est un arbre en miniature, rampant et étalé sur le sol. Cet arbre byssoïde a beaucoup d'analogie avec l'arbre byssoïde ou confervoïde intérieur, qui compose toute la masse ligneuse ou vasculaire des végétaux appendiculaires.

Observ. Ce n'est pas en raison de la grande ténuité des rameaux réticulés, que ce petit arbre s'étale et s'applique sur la terre ou sur la planche humide qui lui sert de territoire, d'autres *Byssus* bien plus fins végètent verticalement et par touffes composées de filaments simples; mais c'est par un besoin d'appétit tout organique, tout d'instinct, si je puis m'exprimer ainsi, semblable à celui qui donne le

port particulier à chaque espèce de végétaux, et qui fait que les gros et solides rameaux du frêne pleureur, qui pourraient très-bien se soutenir droits, se recourbent et dirigent leurs bourgeons terminaux vers la terre.

Lorsqu'un thallus, pareil au plus grand figuré, vieillit, il meurt et se décompose par son centre, qui se forme des parties les plus anciennes, et, en continuant de se détruire de plus en plus par le centre, pendant que la circonférence végète et avance sur tous les points, il en résulte le Cercle des sorciers dont ont parlé Davy et M. Dutrochet, et cette grande multiplication d'individus distincts dont j'ai parlé dans mon Mémoire.

Fig. 4 et 5. Filaments simples, droits, formant des écheveaux de soie, et annonçant la fructification qui doit en résulter par suite de développement.

Fig. 6 et 7. Deux autres écheveaux, dont les filaments pelotonnés ou agglutinés par leurs extrémités commencent un fruit.

Fig. 8. Un autre dont le jeune fruit s'ombilique, et jaunit dans le centre de cet ombilic par le développement précoce de quelques séminules.

Fig. 9. Un autre plus avancé, et vu par le côté extérieur, et sur lequel on aperçoit, par transparence, les lamelles séminulifères qui se trouvent placées de l'autre côté.

Fig. 10. Un autre plus avancé encore, et vu du côté des lames séminulifères sinueuses.

Fig. 11. Un fruit entièrement développé, vu en dessus: *a*, filaments libres; *b*, les mêmes soudés en pédicule ordinaire; *c*, le fruit ou l'appareil séminulifère.

Observ. Tous les *a* des figures 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 11, indiquent les écheveaux de soie qui précèdent le développement du fruit. Ces écheveaux sont de véritables pédoncules, dont les filaments longitudinaux sont libres entre eux, au lieu d'être soudés comme dans le pédicule ordinaire des champignons, ou comme dans la queue d'une cerise ou de tout autre pédoncule de fruit.

Fig. 12. Un fruit-agaric, vu extérieurement.

Fig. 13. Le même vu intérieurement, ou du côté des lames (*Hymenium*); *a*, *a*, extrémités fibreuses, par lesquelles cet individu adhérait au thallus réticulé.

Observ. Cet individu n'était pas pendant comme celui de la figure 11; il était collé, par sa face blanche, sous la planche à bouteilles, de laquelle il tirait l'eau nutritive dont il avait besoin.

Fig. 14. Portion de fruit, grossie pour faire voir en *a*, la partie blanche et filamenteuse du côté extérieur, et en *b*, les lames jaunes dans leurs dimensions différentes.

Fig. 15. Portion, très-grossie et vue sous le microscope, d'une lame, afin de faire connaître que ce sont les mêmes filaments, feutrés dans la chair du fruit, qui s'alongent en des sortes de crinières, composées de crinules, destinées à donner naissance, par extension, aux séminules jaunes et reproductrices. *a*, épaisseur de la partie blanche ou extérieure du fruit. Dans cette partie il n'y a que des filaments incolores, couchés et entremêlés. *b*, filaments émanant de ceux du fruit, également incolores, et formant des sortes de crinières, dont les crinules sont autant de placentas filiformes, destinés à donner naissance, par extension, aux séminules jaunes, globuleuses et reproductrices. Ces séminules sont de grosseurs différentes. On en voit, comme cela arrive aux graines des autres végétaux, qui sont avortées et restées à l'état rudimentaire. *c*, séminules isolées de leurs placentas filiformes.

Comme on le voit par cette figure, c'est à la présence, au grand nombre et à la couleur propre des séminules, qu'est due la couleur jaune des lames vues à l'œil nu.

Fig. 16. Trois filaments isolés. *a*, partie qui entrait dans la composition feutrée de l'épaisseur de la partie intérieure du fruit. *b*, la partie recourbée des mêmes filaments, formant les crinules ou placentas filiformes, et, comme on le voit, produisant, par extension, un grand nombre de séminules disposées sans ordre apparent. *c*, partie terminale des crinules, restant stériles par épuisement, et formant, sur le bord des lames, cette sorte de petite frange que l'on y observe.

Fig. 17. Quelques-uns des filaments dont se composent les écheveaux ou pédoncules à éléments dessoudés, fig. 5, 6, 7, 8, 9, 10 et 11 en *a*. Sur ces filaments, on observe des globules incolores, très-fins; sortes de bourgeons qui, comme dans le blanc de champignon des jardiniers, peuvent servir à la reproduction, par bouture, de ces mêmes filaments.

Observ. En reproduisant le champignon comestible par le blanc des jardiniers, on opère, tout justement, comme si, pour reproduire et multiplier un saule, on répandait à la volée, sur une terre ameublie, un grand nombre de petits tronçons ou de petites boutures de cet arbre.

Fig. 18. Quelques filaments de ceux qui composent le feutrage de la partie blanche du fruit. On y distingue aussi un certain nombre de globules analogues à ceux de la figure précédente.

NOTE AJOUTÉE AU MÉMOIRE QUI PRÉCÈDE.

Depuis l'impression de ce Mémoire ayant eu l'occasion de revoir, l'année suivante, un grand nombre d'individus plus richement développés que ceux soumis à nos premières observations, nous avons reconnu dans quelques-uns que les lames séminulifères ou sporigères, comme nous avions déjà cru l'apercevoir, n'étaient pas libres entre elles dans toute leur étendue et que dans le voisinage du point d'attache ou du point de leur origine, elles étaient anastomosées de manière à former une sorte de réseau et à offrir, par conséquent, le caractère distinctif du genre *Merulius* ou *Cantharellus*. D'après cette dernière observation, nous nous empressons d'avertir que nous substituons à la dénomination de Agaric à lames séminulifères frisées (*Agar. cr.*) *Agaricus crispus*); celle de Cantharelle, de Dutrochet (*Cantharellus Dutrochetii*), en l'honneur de notre savant confrère et ami M. le docteur Dutrochet auquel nous devons la découverte de ce singulier champignon et dont les planches à bouteilles de sa cave en offrent toujours aux curieux d'immenses quantités dans tous les états de développements.

Nous devons encore ajouter que lorsque les rameaux byssoïdes n'arrivent pas sur le bord des planches ou sur le bord d'un trou de manière à pendre, et qu'en rampant sur le bois mort leurs extrémités se déterminent à fleurir ou à fructifier, alors le *Fruit-champignon* se développe en restant adhérent à la planche par la face blanche opposée à celle jaune et lamellifère.

Notre travail ayant eu principalement pour but de nous servir de l'intéressante végétation de ce champignon comme d'un moyen de comparaison pouvant éclairer l'organogénie et la physiologie plus compliquée des autres végétaux, nous avions négligé de donner le caractère précis de cette nouvelle espèce

Nous saisissons cette occasion pour réparer cette omission, en publiant ce caractère tracé par M. le docteur Montagne, l'un des hommes de l'Europe qui connaît le mieux les végétaux cryptogames.

Cantharellus (Pleuropus) *Dutrochetii*, Turp.

Syn. *Agaricus crispus*, Turp.

C. horizontalis, primò resupinatus, demùm pendulus, cuneiformis margine variè lobatus, lobis rotundatis, tomentosus, albus; plicis centro anastomosantibus, anticè dichotomis ferè agaricinis crispis obtusis, armeniæcis; sporidiis nudis creberrimis.

Cette espèce diffère du *C. crispus*, Fr., par la couleur jaune de son *hymenium*, des *C. muscigenus* et *lobatus*, Fr., par le duvet abondant et la couleur blanche du dessus du chapeau, de tous les trois par son *habitat* et ses autres caractères.



CANTHARELLUS Dutrochetii. Turp.



MÉMOIRE

SUR L'ORIGINE

DES

BRUITS NORMAUX DU COEUR.

Par M. MAGENDIE.

Lu à l'Académie des Sciences, le 3 février 1834.

PREMIÈRE PARTIE.

En fonctionnant pour entretenir la circulation du sang, le cœur développe des bruits particuliers. Dans l'état ordinaire de la santé, ces bruits ne sont sensibles qu'à l'oreille médiatement ou immédiatement appliquée sur la poitrine; mais dans quelques cas exceptionnels, ils acquièrent une telle intensité, que transmis par l'air, ils se font entendre au loin.

Long-temps négligés, plutôt qu'inconnus des physiologistes, ces bruits excitent aujourd'hui un intérêt d'autant plus vif, que leur appréciation poussée jusqu'aux nuances les plus fugitives, est devenue un élément indispensable dans l'art difficile du diagnostic des maladies du cœur.

Laennec, le premier, en fit le sujet d'études spéciales, et en donna une description précise; nous lui devons de savoir que, durant le calme normal de la circulation du sang, le cœur fait entendre, à chacune de ses pulsations, deux bruits successifs, mais très-distincts, et qui, en raison de leurs caractères physiques, particuliers, ont été désignés l'un par l'épithète de *bruit sourd*, l'autre par celle de *bruit clair*.

Laennec ne s'est pas borné à décrire les bruits que le cœur produit à l'état sain, il en a fait connaître plusieurs autres qui appartiennent à l'état pathologique (1). Ses nombreuses remarques à cet égard, la plupart confirmées par l'expérience, ont reçu l'assentiment de tous les praticiens éclairés, en même temps qu'elles ont créé une branche nouvelle à la séméiologie.

Il n'en est pas de même des idées que ce médecin a émises sur le mécanisme de la production de ces bruits. Elles ont été l'objet d'une controverse qui se prolonge encore; ce qui prouve sans doute que la question n'est point suffisamment approfondie.

Je crois les bruits normaux du cœur susceptibles d'une explication simple et rigoureuse. Le Mémoire que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie a pour but de le démontrer.

Mais avant de rapporter les faits et les expériences sur lesquels repose la théorie que j'adopte, et qui formera désormais, je l'espère, un nouveau point de contact entre la médecine et la physique, il est nécessaire que je fasse con-

---

(1) Ces bruits anormaux seront l'objet d'un Mémoire particulier; ils sont entièrement différents, par leur mode d'origine, des bruits normaux dont il est ici question.

naître brièvement les diverses hypothèses qui ont été imaginées, soit par Laennec, soit par ses contradicteurs.

L'explication proposée par Laennec est fondée non sur des observations directes, mais sur des déductions tirées du temps et du lieu où sont produits, plus spécialement, chacun des deux bruits propres au cœur.

L'un, *sourd, profond,* se développe au côté gauche de la poitrine, à la hauteur du cartilage de la 5e ou 6e côte, il précède de fort peu le battement du pouls; donc il est produit, dit Laennec, par la *contraction des ventricules* à l'instant où le sang est chassé dans les artères aorte et pulmonaire.

Le second bruit du cœur succède presque immédiatement au premier, *clair, brusque,* analogue au *claquement de la soupape d'un soufflet;* il semble naître derrière la partie inférieure droite du sternum, et dépend, selon Laennec, de la *contraction des oreillettes.*

Quant à la source même des sons cardiaques, l'ingénieux inventeurde l'auscultation médiate l'attribue à des *vibrations sonores* qui se développeraient dans les fibres musculaires du cœur à l'instant où elles se contractent, sans chercher à en donner d'ailleurs aucune preuve.

Rien n'eût été cependant plus digne de fixer l'attention, qu'un bruit subit, court, brusque, développé par la simple contraction d'un muscle; un tel phénomène eût été nouveau en physiologie, et d'autant plus surprenant qu'il aurait dû, bien que très-accessible aux sens, échapper aux observateurs les plus habiles, et en dernier lieu à Wollaston lui-même, ce physicien dont l'ouïe était si fine, qu'on aurait pu le croire aveugle, et la vue si perçante qu'on aurait pu le supposer sourd.

Les recherches de ce savant, sur le bruit qui accompagne la contraction musculaire, lui ont permis de constater l'existence d'un son faible, confus, analogue à celui que produit le roulement d'une voiture éloignée et que pour cette raison il a nommé *bruit de rotation* (c'est ce bruit que l'on entend en se mettant le doigt dans le conduit auditif) ; mais quel rapprochement établir entre ce son rotatoire persistant, en admettant qu'il appartient aux muscles, et des bruits de chocs instantanés ? si Laennec eût rencontré dans les contractions des fibres du cœur la véritable cause des bruits que produit cet organe, ce n'eût pas été seulement une explication physiologique satisfaisante qu'il eût mise au jour, mais une découverte de physique vitale du plus haut intérêt.

Il a existé, et malheureusement il existe encore des médecins qui mettent une sorte de gloire à s'isoler des sciences naturelles et à en dédaigner, ne pouvant l'atteindre, la marche rigoureuse; une assertion exprimée avec assurance équivaut pour eux à un fait démontré.

Laennec partageait jusqu'à un certain point ce préjugé absurde ; aussi sa confiance dans sa propre opinion fut-elle entière, il ne se permit ni doute ni discussion; comme tant d'autres, il crut aveuglément à ce qu'il avait imaginé.

Les objections cependant se présentaient fortes et nombreuses, sans parler de l'expérience à laquelle il négligea de recourir, et qui lui eût si facilement démontré que sa conjecture n'avait aucun fondement.

Comment comprendre, par exemple, en admettant même que le cœur développe, en se contractant, un bruit différent

de celui que produisent les autres muscles; comment comprendre, dis-je, que ses ventricules, ou ses oreillettes, distincts par leur situation, différents par leur structure et leurs dimensions, se meuvent constamment avec une simultanéité, une harmonie telle qu'ils ne produisent jamais qu'un seul et unique bruit, même dans les altérations physiques considérables causées par les maladies?

Comment, dans certains cas, les bruits cardiaques disparaissent-ils complétement, le cœur continuant à se mouvoir et à entretenir le cours du sang? Il y aurait donc des contractions bruyantes et d'autres qui ne le seraient pas? etc., etc.

Ces difficultés ne se présentèrent pas à l'esprit du médecin célèbre dont nous parlons, et bien loin de là, il soutint que l'étude *auscultative* du cœur vivant, telle qu'il la proposait, était préférable à tout autre mode d'explorer cet organe, sans en excepter l'inspection directe par les yeux.

Quoi qu'il en soit, les idées de Laennec, et surtout les fécondes applications qu'il en fit aux maladies organiques du cœur, se répandirent rapidement; elles subjuguèrent pour ainsi dire l'esprit des médecins, qui d'ailleurs ne se piquent point en général de donner une attention sérieuse aux explications physiologiques.

Cependant le professeur Turner inséra, dans le tome 3 des Transactions de la société médico-chirurgicale d'Édimbourg, un Mémoire destiné à établir que le second bruit du cœur ne pouvait être attribué à la cause assignée par notre compatriote. Ces preuves étaient puisées dans l'examen attentif du pouls veineux des jugulaires.

Ce phénomène dépend, chacun le sait, en grande partie de la contraction des oreillettes, et cependant il n'offre aucune

coïncidence avec le son clair du cœur, qui devrait constamment l'accompagner s'ils avaient l'un et l'autre la même origine; d'ailleurs le professeur Turner, avec cette dignité intellectuelle, qui devrait toujours être le partage des savants, déclare franchement qu'il ne saurait rendre raison de la naissance de ce bruit.

En 1830 et 1831, la doctrine de Laennec reçut un échec encore plus grave. Le docteur Hope, qui, durant un long séjour à Paris, s'était rendu familier l'emploi du stéthoscope, comprit, que pour arriver à la cause véritable des bruits cardiaques, il était nécessaire de ne pas imiter ses prédécesseurs, et qu'avant de raisonner et de conclure, il fallait expérimenter.

Ses recherches, faites avec un soin particulier, et pour lesquelles il s'entoura des anatomistes et des médecins les plus distingués de Londres, le conduisirent à établir, 1° que la contraction des oreillettes précède le premier bruit du cœur; 2° que cette contraction n'est accompagnée d'aucun bruit; 3° enfin que le second bruit du cœur coïncide avec la dilatation des ventricules de cet organe.

Il n'était plus possible de méconnaître, d'après ces résultats, non contestés, que Laennec s'était trompé, non dans sa lucide description des bruits du cœur, tout entière, fondée sur une observation délicate et précise, mais dans son explication physiologique de la production de ces bruits, au moins pour ce qui regarde le bruit clair.

Si le docteur Hope eût persisté dans la voie qu'il avait d'abord parcourue avec tant d'avantage, nul doute qu'il ne fût arrivé facilement à trouver comment se produisent les bruits du cœur; malheureusement il abandonna à son tour la méthode expérimentale, et, sans s'en apercevoir, il imagina au

lieu d'observer, en s'efforçant toutefois (c'est justice de le dire) de rattacher l'origine des bruits cardiaques aux causes physiques connues de la production du son.

Voici comment le savant Anglais comprend le mécanisme du premier bruit du cœur, ou, en d'autres termes, du bruit qui accompagne la contraction des ventricules.

« Quand les ventricules se contractent, dit M. Hope, une « impulsion est donnée aux particules du fluide qui sont en « contact avec eux, et cette impulsion, étant propagée par « collision de particule à particule, engendre le son.

(*A Treatise on the diseases of the heart. By Hope, London*, 1832.)

Le second bruit, ou celui qui correspond à la diastole des ventricules, est engendré, d'après M. Hope, « par un méca-« nisme plus simple et en conséquence plus uniforme dans ses « caractères. Quand la dilatation des ventricules survient, « le sang mis en mouvement par des causes connues des « physiologistes, passe instantanément des oreillettes dans « les ventricules, en frappe les parois, et la réaction de celles-« ci sur les particules du sang arrêtées brusquement dans « leur course par les limites de la diastole est la cause du « son bref et clair. » (Ouvrage cité.)

M. Hope ajoute à cette explication un fait que j'ai eu maintes fois l'occasion de vérifier : c'est que les mouvements des oreillettes ne contribuent ni à l'un ni à l'autre des bruits du cœur, puisque ceux-ci se font entendre distinctement, les oreillettes étant immobiles.

Telle est la théorie de M. Hope : selon lui, les bruits du cœur résultent du déplacement rapide qu'éprouve le sang, soit

pour entrer dans les ventricules, soit pour en sortir; mais il n'en donne et n'en pouvait, selon moi, donner aucune preuve.

Le cœur est une double pompe foulante et aspirante, sans doute la plus parfaite qui existe; par la dilatation des ventricules, le sang entre dans le corps de l'instrument; par leur contraction, il en est expulsé et passe fortement pressé dans les tuyaux élastiques destinés à son transport dans tous nos organes, et à son retour circulaire vers le cœur.

Il ne se rencontre pas, je pense, dans ces conditions mécaniques, de raisons propres à expliquer la naissance de vibrations sonores semblables, ou simplement analogues à celles qui nous occupent(1).

M. Hope n'est pas le seul qui ait proposé une explication hypothétique des bruits cardiaques; d'autres médecins ont aussi avancé des idées différentes sur ce point.

Tantôt les bruits ont été attribués au choc du sang sur les parois des ventricules au moment de leur dilatation, tantôt on les a fait dépendre de l'ébranlement des artères aorte et pulmonaire, sous l'influence du sang chassé par les ventricules. Laennec lui-même, abusé par quelques expériences d'un médecin anglais, M. Barry, modifia son explication du second bruit, il ne l'attribua plus à la contraction des oreillettes,

---

(1) Pour qu'un bruit de choc pût se développer dans de semblables circonstances, il faudrait que le liquide se mût dans le vide, ainsi que cela existe dans le marteau d'eau qui, en effet, donne un bruit très-sensible quand la colonne liquide vient heurter l'extrémité du tube de verre où elle est renfermée; mais le vide, condition essentielle de la production du bruit dans cet instrument, ne saurait exister dans des cavités ou tuyaux à parois flexibles, tels que le cœur, les artères et les veines.

mais seulement à celle des oricules, et la rendit ainsi moins vraisemblable qu'elle n'était d'abord.

Plus récemment, M. Rouanet, dans sa Dissertation inaugurale à la Faculté de Paris, s'est efforcé de prouver, par une série de raisonnements et par quelques expériences, que les bruits qui accompagnent les contractions du cœur sont dus, l'un au choc du sang sur les valvules triscupide et mitrale, l'autre au choc du sang sur les valvules sygmoïdes, aortiques et pulmonaires (1).

Je me contente d'énoncer ici ces diverses suppositions. Je ne les discuterai pas, et cela pour un motif qui bientôt apparaîtra de lui-même.

Je passe aux expériences que j'ai faites pour déterminer la véritable source des bruits du cœur.

Le premier point était aussi le point capital : il fallait rechercher si ces bruits se développent dans l'organe même, ainsi que l'ont supposé tous les médecins qui ont tenté de découvrir leur origine, ou bien si ces phénomènes n'auraient pas une autre cause.

Chacun sait qu'un cœur soustrait à un animal qui vient d'être tué continue à se contracter et à se dilater alternativement; or un cœur ainsi exposé à l'observation la plus

(1). Cette explication est physiquement inadmissible; elle supposerait l'existence d'un vide dans les ventricules et les deux gros troncs artériels, et j'ai déjà dit qu'un tel vide est impossible. D'ailleurs l'expérience démontre qu'en faisant entrer brusquement de l'eau dans les artères aorte et pulmonaire ou dans les ventricules par l'intermédiaire des veines qui s'y ouvrent, il ne se développe aucun bruit de choc.

J'ai fait et varié diversement ces essais dans mon cours du Collége de France l'année dernière. Les résultats en ont été constamment tels que je viens de l'indiquer.

attentive ne développe, soit à l'oreille nue, soit à l'oreille armée d'un instrument collecteur du son, aucun bruit qui ait la moindre analogie avec ceux qui sont propres au cœur sur l'animal vivant.

Mais dans cette expérience le cœur est vide, ou, plus exactement, l'air seul remplit ses cavités au moment de la diastole, et en est chassé à l'instant de la systole; et si les bruits dépendaient de l'impulsion communiquée au sang par les parois ventriculaires, ainsi que l'ont présumé plusieurs auteurs, le fait que je viens de citer, quoique exact, ne prouverait rien; bien plus, le cœur étant ici séparé des parties élastiques qui l'entourent et qui forment peut-être une sorte de table d'harmonie propre à renforcer les faibles sons nés à l'instant de sa contraction, il se pourrait que celle-ci, sonore dans le thorax, cessât de l'être hors de cette cavité.

Pour lever cette objection dont je reconnais toute la justesse, je devais écouter le cœur mis à découvert sur un animal vivant, mais entretenant encore par ses mouvements alternatifs de pression et de dilatation la circulation du sang.

L'expérience fut d'abord faite et répétée plusieurs fois sur de petits animaux. Je voyais le cœur se contracter de manière à entretenir le cours du sang, mais mon oreille n'entendait rien, bien que le tic-tac du cœur de ces animaux fût très-sensible à travers les parois de la poitrine, avant l'épreuve.

Dans la crainte de m'en laisser imposer à cause de l'exiguïté de l'organe, chez les animaux qui m'avaient servi, je crus nécessaire d'en examiner de plus grands. Je fis donc la même expérience sur des chiens de grande taille où les bruits du cœur sont très-forts; mais, ainsi qu'il m'était arrivé précé-

demment, dès que le cœur était découvert et isolé, les bruits cessaient entièrement. Pour plus de certitude, j'engageai MM. Loir et Nonat, mes préparateurs, à aller à Montfaucon pour y répéter ces essais sur des chevaux; leurs remarques furent identiques avec les miennes : plus de bruits cardiaques dès que la paroi extérieure du thorax est enlevée et que le cœur est à nu (1).

Ce résultat constant était déja de nature à entraîner conviction. Cependant, comme les mammifères ne survivent que peu d'instants à l'ablation de la partie antérieure du thorax, et que la promptitude avec laquelle l'observation doit être faite, peut être une chance d'erreur, je voulus répéter l'expérience sur des oiseaux où les bruits du cœur sont très-prononcés, et chez lesquels il est possible d'enlever complétement le sternum sans compromettre immédiatement la vie, ces animaux pouvant survivre plusieurs heures à cette ablation.

Faite sur des oies, l'expérience me donna les mêmes résultats; bruits très-sensibles avant la soustraction du sternum, cessation de tout bruit, le sternum étant enlevé et le cœur sorti du péricarde, mis dans une position telle qu'il n'eût plus de contact avec les parties circonvoisines (2).

---

(1) Il existe dans cette exploration une cause d'erreur utile à signaler. Si l'on applique l'extrémité d'un stéthoscope ou simplement l'oreille sur un cœur vivant, l'organe, à chaque contraction ou dilatation des ventricules, heurte brusquement le corps qui le touche, et développe ainsi un bruit qu'il ne faut pas confondre avec celui qui se produirait dans le cœur lui-même, et qui serait indépendant de tout choc de l'organe sur un corps solide extérieur.

(2) Ce déplacement du cœur est indispensable pour le succès de l'expérience. Si le cœur reste dans sa position ordinaire, il repose sur des

J'acquis de cette manière (1) la certitude que les bruits réguliers du cœur ne sont point propres à l'organe, c'est-à-dire qu'ils ne naissent pas du jeu respectif de ses diverses cavités, non plus que de l'action du cœur sur le sang ou du sang sur le cœur.

Ainsi se trouvaient, pour moi, réfutées toutes les explications dont j'ai parlé plus haut, et qui considèrent les bruits du cœur comme le résultat de vibrations hydrauliques excitées dans le sang qui traverse le cœur. Il fallait donc chercher ailleurs l'explication de ces phénomènes. Il fallait aussi, et avant tout, éviter l'écueil où se sont brisés tant de savants recommandables, qui, après avoir critiqué avec plus ou moins de sagacité des théories erronées, en inventent une qui n'est pas plus fondée. En ne m'écartant pas de la route expérimentale, j'avais lieu d'espérer de ne pas laisser échapper la vérité.

Durant ses contractions le cœur se déplace dans la poitrine, tantôt il se porte à gauche, diminuant de volume et vient heurter de la pointe sa 6e ou 7e côte en abandonnant la paroi antérieure du thorax, dont il n'est séparé ordinairement que par le péricarde; tantôt il reprend son volume et la place qu'il vient de quitter, et se rapproche ainsi brusque-

---

membranes élastiques et sonores, qu'il ébranle par ses chocs répétés. Cependant avec un peu d'attention, il est facile de reconnaître que ces bruits n'ont aucune analogie avec les bruits normaux du cœur et qu'ils appartiennent à des membranes minces, tendues et humides.

(1) J'ai répété cette expérience sur un cygne dans l'une des séances de mon cours du Collége de France. Les résultats en ont été frappants même pour les auditeurs les plus éloignés. Car les bruits cardiaques du cygne quand le sternum est mis à découvert s'entendent à une assez grande distance.

ment par sa face antérieure de la face postérieure du sternum. Les chocs du cœur contre les parois du thorax où ses battements sont quelquefois si considérables dans les émotions vives, la frayeur, la colère, et dans certaines maladies, qu'ils se manifestent au dehors, devenaient ainsi très-sensibles à la main appliquée sur la poitrine, et même à la vue.

N'était-ce pas le cœur qui par ses chocs produisait le bruit qui correspond au battement que cet organe exerce contre les parois de la poitrine? Cette supposition aurait dû, ce me semble, se présenter d'abord à l'esprit des médecins. Toutefois elle n'a point été faite, et Laennec déclare même positivement que les bruits du cœur ne peuvent avoir cette origine.

On ne voit pourtant aucune raison physique qui puisse faire repousser cette idée. Loin de là, comment un choc sur une paroi élastique telle que le thorax ne serait-il pas sonore? Nous savons au contraire qu'en frappant sur un point quelconque de la superficie de cette cavité, elle résonne d'une manière très-prononcée, ce qui est bien naturel, puisqu'elle est en grande partie remplie d'air et que ses parois sont tendues et élastiques. Si donc, en frappant avec ses doigts sur la poitrine, on produit des sons plus ou moins intenses, pourquoi le cœur, en frappant sur la surface intérieure de la même paroi, ne développerait-il pas également des sons?

Il était facile de vérifier ce raisonnement par des expériences.

Le cœur ayant été mis à découvert sur plusieurs animaux vivants, des corps sonores furent exposés à ses chocs durant la systole des ventricules, et des sons manifestes en naquirent. Ces sons variaient d'ailleurs de caractères selon la nature et la disposition des corps frappés : par exemple, le bout du

stéthoscope, soumis aux battements de la pointe du cœur, donne un son clair et sec. Une membrane humide et tendue donne un son sourd et grave ; la même membrane sèche donne un son plus clair et plus aigu. Ainsi le choc d'un cœur vivant sur des corps sonores produit des sons selon les lois générales de l'acoustique. Or, les parois thoraciques sont sonores, la seule production de la voix les fait vibrer et résonner d'une manière sensible, le choc du cœur sur ces parois doit donc produire un son. Ce raisonnement est, je crois, aussi sévère que possible et suffirait pour établir la véritable origine du premier bruit du cœur, mais je pouvais encore le corroborer par l'expérience, à laquelle il ne faut jamais négliger de recourir quand cela est à notre disposition.

Je fis enlever, avec la plus grande précaution, le sternum d'une oie; j'isolai le cœur de toute part en le soutenant avec un fil : aussitôt les bruits cessèrent, ainsi que je l'ai déja annoncé, puis je fis rétablir l'os enlevé et le cœur dans leur position, aussitôt les bruits recommencèrent tels qu'ils étaient avant l'expérience : en soulevant et en laissant retomber l'os, il m'était facile de suspendre ou de produire les bruits.

Cette expérience fut répétée sur des chiens, mais sous une autre forme; une tige métallique mince et plate, introduite dans le thorax de manière qu'elle s'opposât au choc de la pointe du cœur sur les parois thoraciques, fit cesser immédiatement le premier bruit ; les efforts du cœur sur la tige métallique se faisaient sentir avec violence, et si je cessais un moment de presser sur le cœur, le bruit reparaissait ; car la pointe de l'organe choquait de nouveau les parois thoraciques. Ce moyen n'est pas le seul que j'aie employé pour m'opposer

au développement du premier bruit du cœur; de l'air, de l'eau, injectés dans la plèvre gauche, de manière à maintenir le cœur écarté de la paroi thoracique, m'ont donné un résultat semblable; sur l'homme même, quand il se rencontre un obstacle mécanique, posé entre le cœur et le thorax, le bruit du cœur disparaît également, ainsi que je le démontrerai dans la deuxième partie de ce Mémoire.

Plus d'incertitude, le premier bruit du cœur est le produit du choc connu de la pointe de cet organe sur les parois de la poitrine, choc désigné depuis un temps immémorial sous l'excellente dénomination de *battement du cœur* (1), et quant au mécanisme de la production de ce son, il n'offre aucune difficulté : une masse élastique telle que le cœur contracté, en heurtant plus ou moins énergiquement contre une paroi vibratile, telle que le thorax, développe un son : ce son est de la nature de ceux qui se produisent par l'ébranlement moléculaire des corps solides, et que pour cette raison M. Cagnard Latour nomme solidien. Ils se transmettent nettement à l'oreille appliquée sur le corps, tandis qu'ils sont souvent insensibles par transmission aérienne; tout se passe là selon les lois de l'acoustique.

Voilà pour le premier bruit du cœur. Voyons maintenant s'il nous sera également facile de rendre raison de la production du second.

D'après les expériences que j'ai rapportées, je ne pouvais

(1) Le *cœur bat*, le *cœur fait tic tac*, le *cœur palpite*, sont des expressions vulgaires, qui se rapportent directement aux chocs du cœur sur le thorax, et dont chacun a pu prendre sur soi-même quelques notions dans les circonstances où les contractions de cet organe acquièrent une grande intensité.

guère douter que, semblable au premier, ce son ne dépendît également du choc du cœur sur les parois thoraciques. Mais si tous les physiologistes connaissent l'impulsion du cœur sur le thorax à l'instant de la contraction des ventricules, aucun n'a parlé, du moins je le pense, d'un pareil phénomène, au moment de la dilatation de ces cavités.

Il devenait donc nécessaire que j'étudiasse avec attention, sous ce point de vue, les mouvements alternatifs de contraction ou de dilatation du cœur.

Après un certain nombre de tentatives, faites sur des animaux vivants, je ne tardai pas à me convaincre qu'au moment de la dilatation des ventricules, la face antérieure du cœur vient frapper brusquement la face postérieure du sternum et les parties thoraciques circonvoisines, et y développe des vibrations qui constituent le second bruit du cœur, nommé aussi bruit clair ou superficiel (1).

Il est d'autant plus facile de comprendre la production de ce son et ses caractères particuliers, que le sternum, et en général la paroi antérieure de la poitrine, est la partie la plus sonore de cette cavité. Il était d'ailleurs facile d'en acquérir la preuve expérimentale. Un obstacle mécanique, placé entre le sternum et le cœur, s'opposerait-il à la formation du bruit qui nous occupe? La tige métallique dont nous avons

(1) Dans certains cas d'hypertrophie des ventricules, le double choc du cœur sur les parois thoraciques est facile à vérifier sur l'homme; il suffit de placer simultanément deux stéthoscopes sur la poitrine, l'un vis-à-vis la pointe de l'organe, l'autre à la partie inférieure et droite du sternum : avec un peu d'attention on voit distinctement les deux instruments brusquement soulevés à deux moments très-rapprochés et parfaitement isochrones à chacun des bruits du cœur.

parlé précédemment fut placée sur la face antérieure du ventricule droit, de manière à le maintenir à une certaine distance du sternum.

Dès ce moment le bruit cessa; il se montra de nouveau au contraire dès que la tige fut retirée. Dans certains animaux même, dont la poitrine est spacieuse, et les attaches membraneuses du cœur flexibles, comme cette espèce de chien de chasse anglais, nommé *spanish pointer,* il suffit de les coucher sur le dos, et par conséquent que le poids du cœur l'éloigne des parois thoraciques, pour que l'un et souvent l'autre bruit cessent entièrement, pour reparaître dès que l'animal reprend sa position ordinaire.

De l'air ou de l'eau introduit dans la poitrine, en repoussant le cœur vers la colonne vertébrale, donne les mêmes effets; en sorte qu'un animal soumis à cette expérience n'offre plus aucun bruit cardiaque, bien que son cœur se contracte régulièrement. Ce fait, qui est constant, me paraît seul renverser toutes les hypothèses qui placent la source des bruits du cœur dans l'organe lui-même; car, en le supposant unique agent producteur du son, comment ses vibrations ne se transmettraient-elles pas, à travers l'air ou l'eau environnants, jusqu'aux parois thoraciques, ainsi que cela ne manque jamais d'arriver quand il se développe en effet quelques bruits *anormaux* dans le cœur même?

Tel est, si je ne m'abuse, le véritable mécanisme des bruits *normaux* du cœur. En se contractant et pour des causes connues depuis long-temps, les ventricules lancent la pointe du cœur contre la partie latérale gauche du thorax, et produisent ainsi le premier bruit; en se dilatant sous l'influence de l'abord brusque du sang, le cœur vient choquer

la paroi antérieure et droite du thorax : ainsi se développe le second bruit.

Cette explication est si simple et si naturelle, qu'on se demanderait comment elle n'est pas d'abord venue à l'esprit des physiologistes, si l'on ne savait que, dans les sciences comme ailleurs, le simple, qui est presque toujours le vrai, est bien rarement ce qui s'offre en premier lieu à notre imagination. Toutefois, si cette explication est la véritable, elle doit rendre raison de toutes les circonstances particulières qui se rattachent à chacun des bruits du cœur.

Nous examinerons cette question délicate dans la deuxième partie de ce Mémoire.

MÉMOIRE

SUR L'ORIGINE

DES

BRUITS NORMAUX DU COEUR.

PAR M. MAGENDIE.

Lu à l'Académie des Sciences, le 11 août 1834.

DEUXIÈME PARTIE.

JE crois avoir déterminé, dans la première partie de ce Mémoire, la véritable origine des deux bruits qui accompagnent le jeu régulier du cœur dans l'homme, les mammifères et les oiseaux (1).

Les faits et les expériences que j'ai rapportés, établissent, ce me semble, d'une manière nette et précise, que ces phénomènes sont le résultat, non de l'action du sang sur le cœur ou les grosses artères, non de l'action du cœur sur le sang, non du déplacement des valvules cardiaques ou artérielles, mais d'un double choc qu'exerce le cœur sur les parois du thorax; l'un de ces chocs ayant lieu par la pointe de l'organe, à l'instant de la contraction des ventricules, l'autre par sa face antérieure, au moment de leur dilatation.

Si le mécanisme qui produit les sons normaux du cœur est

(1) Il ne paraît pas que le cœur des reptiles ou celui des poissons produise aucun bruit. Cela tient sans doute à la lenteur des contractions ventriculaires dans ces deux classes de vertébrés. Pour reconnaître la généralité de ce fait, il faudrait examiner de grandes espèces que je n'ai point encore eues à ma disposition.

aussi simple, et dans une dépendance aussi directe des lois de l'acoustique, ne pouvons-nous pas espérer d'arriver à une explication plausible des nombreuses modifications que les maladies apportent dans la fréquence, l'intensité, le caractère, etc., de ces bruits; modifications qui acquièrent chaque jour plus d'importance, puisque souvent, par leur secours et leur comparaison attentive, le médecin distingue et apprécie les diverses lésions organiques du cœur?

Cette nouvelle application de la physique à la médecine est le sujet que j'essaie de traiter dans la deuxième partie de ce Mémoire.

Les principales modifications que les maladies apportent dans les bruits cardiaques, influent soit sur leur fréquence, soit sur leur régularité ou leur rhythme, soit sur leur intensité; quelquefois enfin elles les font entièrement disparaître, et, dans ce dernier cas, tantôt la disparition est pure et simple, et d'autres fois les bruits qui ont cessé, sont remplacés par des sons de création accidentelle ou maladive.

L'accroissement ou la diminution de la fréquence des bruits cardiaques, leur régularité ou leur irrégularité, sont sans doute les phénomènes dont il est le plus facile de se rendre compte: ces variations suivent exactement la rapidité ou la lenteur des contractions du cœur, et toutes les circonstances qui accélèrent, ralentissent, ou pervertissent les mouvements de cet organe, ont inévitablement le même effet sur les bruits que développe le cœur par ses chocs contre le thorax.

Il en est de même de l'intensité: toute cause morale ou organique, qui donne plus de force aux chocs du cœur sur les parois thoraciques, accroîtra l'intensité des bruits. Cet accroissement est quelquefois si considérable, que les chocs cardiaques peuvent être entendus à une certaine distance, dans la pièce voisine, par exemple, et qu'ils causent au lit et à l'alcove où est couché le malade, un ébranlement sensible.

Les cas de cette nature s'observent en général chez des personnes maigres, dont le cœur vigoureux frappe avec énergie sur une poitrine spacieuse et sonore, et développe ainsi des sons dont l'intensité représente la violence des chocs qui les ont produits, et les qualités physiques du corps choqué.

Il est donc très-facile de comprendre comment les bruits cardiaques augmentent de force; il n'y a pas plus de difficulté quand il s'agit d'expliquer comment les battements du cœur, étant très-affaiblis et presque nuls, ainsi que nous l'avons si souvent observé dans la période algide du choléra, les bruits du cœur cessent de se faire entendre. Plus de chocs, partant plus de bruit. Mais comment disparaissent-ils complétement, bien que le cœur fonctionne d'une manière régulière et entretienne, par ses pressions et aspirations alternatives, le cours circulaire du sang? voilà ce qu'il faut examiner.

Il est d'autant plus nécessaire que nous approfondissions ce point de physiologie clinique, que s'il est, à la rigueur, possible d'expliquer l'accroissement ou la diminution des bruits cardiaques, dans les diverses hypothèses que nous avons combattues, cela devient très-difficile, ou même impossible, pour ce cas particulier de leur disparition. Comment en effet, si les bruits du cœur sont produits par un mécanisme quelconque dans l'intérieur de cet organe, ne les entend-on plus, bien qu'il agisse, et souvent même avec une grande vigueur?

Il faudrait donc que les parties qui l'entourent immédiatement, ainsi que les parois du thorax, fussent devenues impropres à transmettre des ébranlements sonores; ce qui n'est certes pas probable, car tous nos organes, tous nos tissus naturels ou accidentels, et jusqu'à nos liquides, sains ou malades, sont, à des degrés variés, bons conducteurs des sons (1).

---

(1) Ils suivent en cela les lois de la transmission du son dans les solides et les liquides.

Aussi n'est-ce pas pour cette cause que les bruits du cœur cessent d'être sensibles à l'oreille du médecin; et c'est ici que notre théorie, si elle est vraie, doit montrer sa supériorité sur celles qui l'ont précédée.

Les causes qui s'opposent au développement des bruits cardiaques sont diverses, mais elles se résument toutes cependant en un obstacle mécanique aux chocs du cœur sur les parois thoraciques, ainsi que je vais tenter de le démontrer par des exemples pris au lit du malade.

Je citerai d'abord cette maladie, malheureusement fort commune, que Corvisart nommait anévrisme actif du cœur, et qui s'appelle plus exactement aujourd'hui, hypertrophie de cet organe.

Les premiers degrés de ce mal sont accompagnés d'une élévation graduelle de l'intensité des bruits normaux du cœur; ici la force toujours croissante des chocs, par l'excès du volume et de la puissance contractile de l'organe, rend parfaitement raison du phénomène.

Mais, dans la plupart des cas, il arrive un moment où le volume et la force de contraction du cœur, continuant de croître et étant devenus extrêmes, les bruits cardiaques réguliers cessent de se faire entendre (1); cependant les ventricules se contractent et se dilatent, le sang y pénètre, et en est expulsé, les soupapes font leur office, en un mot la circulation est complète et très-active; la main appliquée sur la région du cœur perçoit des impulsions violentes, le thorax même est soulevé à chaque pulsation du cœur, et ce soulèvement est sensible à la vue; nul doute donc que l'action du cœur ne soit très-énergique, et cependant les bruits ont disparu. Quelle en est la raison?

(1) Il importe de se rappeler que je ne parle ici que des bruits normaux, résultat des chocs du cœur sur le thorax. Tout bruit accidentel persiste au contraire le plus souvent jusqu'au dernier terme de l'agonie.

Cette raison se trouve, ainsi que je l'ai maintes fois vérifié sur le cadavre, dans les dimensions considérables que le cœur a acquises; son énorme volume le met à l'étroit dans la poitrine; contracté ou dilaté, il reste appliqué contre les parois thoraciques; il les presse avec beaucoup de violence, les soulève, mais il ne les choque plus; l'espace lui manque pour s'en écarter, et revenir ensuite brusquement les heurter et causer ses bruits ordinaires.

Dans ces circonstances graves, le plus souvent mortelles, si l'on parvient à diminuer le volume du cœur, ainsi que j'ai eu le bonheur d'y réussir nombre de fois, par une méthode que j'aurai l'honneur de communiquer prochainement à l'Académie, on en est averti plus sûrement que par tout autre moyen, par la réapparition des bruits cardiaques.

Une autre cause de nature bien différente, mais qui a de même pour effet de maintenir le cœur appliqué contre les parois thoraciques, amène aussi la disparition de l'un ou des deux bruits du cœur; c'est lorsqu'il existe un épanchement considérable de liquide dans le côté droit de la poitrine, et que cet épanchement repousse fortement le cœur vers le sternum et le maintient dans cette position.

J'ai dernièrement, à l'Hôtel-Dieu, observé cette disposition chez une femme qui, atteinte d'un hydro-thorax, n'offrait que le premier choc du cœur, le second ayant complétement disparu.

A l'ouverture du corps, nous trouvâmes non seulement l'hydropisie que nous savions exister, mais de plus, le liquide épanché ayant poussé devant lui la plèvre, entre la veine cave inférieure et les vertèbres, était venu former derrière le cœur une collection supplémentaire qui contribuait puissamment à maintenir l'organe appliqué contre le sternum, et par

conséquent à empêcher ses chocs contre cet os à l'instant de la dilatation des ventricules.

Il nous fut, dès ce moment, facile de comprendre comment, avec un cœur parfaitement sain, cette femme n'avait présenté durant sa maladie, que le bruit du choc de la pointe, et non celui qui résulte du choc de la face antérieure. Ici le cœur se vidait brusquement, mais ne se remplissait qu'avec une certaine lenteur; par conséquent il pouvait heurter le thorax par sa pointe, à l'instant de la contraction des ventricules, mais non par sa face antérieure au moment de leur dilatation, puisque celle-ci était graduelle au lieu d'être brusque et subite comme à l'état normal.

Cette explication mécanique me paraît d'autant moins douteuse, que l'on peut facilement, sur un animal vivant, faire cesser immédiatement les bruits cardiaques, en maintenant le cœur appliqué contre le sternum. Introduisez, par exemple, le doigt dans la poitrine d'un chien, soulevez le cœur, et appliquez-le contre la partie antérieure du thorax, sans toutefois nuire à ses fonctions par une pression trop forte; aussitôt les bruits cardiaques cessent de se faire entendre: ils reparaissent au contraire si vous suspendez ou même si vous modérez quelque peu la pression.

Une injection d'eau ou d'air dans la cavité dorsale de la plèvre, en portant le cœur en avant et en le forçant à rester dans cette position, fait aussi cesser les bruits de cet organe. Je n'ai point encore eu l'occasion d'étudier sur des malades, depuis que je poursuis ces recherches, le pneumo-thorax, mais je ne doute pas qu'un tel épanchement de gaz ne puisse devenir, comme un épanchement de liquide, la cause directe de l'absence des bruits du cœur.

On a vu, dans la première partie de ce Mémoire, que tout obstacle mécanique au contact du cœur sur les parois thora-

ciques, empêche la production des bruits cardiaques; l'étude des maladies, ou seulement de la conformation et de la situation relatives des organes pectoraux, peut avoir le même résultat. Si, par exemple, une partie du poumon gauche se trouve placée entre la pointe du cœur et le lieu où elle frappe habituellement cette portion du poumon, semblable à un coussinet doux et flexible, elle amortira les chocs et empêchera la production du premier bruit.

Cette disposition anatomique, qui a été remarquée par Laennec, est facile à reconnaître sur l'homme vivant, à raison du bruit que fait l'air inspiré, en pénétrant dans les lobules pulmonaires accidentellement placés entre le cœur et les côtes.

La même cause ne saurait amener la disparition du second bruit, car le poumon, à moins de circonstances très-extraordinaires, ne vient pas se placer entre le cœur et le sternum. Mais si le poumon ne se loge jamais ainsi, d'autres corps, d'origine pathologique, peuvent s'y placer et faire disparaître le bruit de dilatation des ventricules.

Dans le mois d'avril dernier, une jeune paysanne, âgée de 24 ans, vint mourir à l'Hôtel-Dieu, d'une maladie congéniale du cœur, arrivée à son dernier degré; en examinant cette fille, nous reconnûmes que le seul bruit de contraction existait, tandis qu'il n'existait aucune trace du bruit de dilatation ou bruit clair.

Nous soupçonnâmes d'abord l'hydro-thorax, qui le plus souvent accompagne les maladies graves du cœur arrivées à leur terme; mais un examen attentif des conditions physiques du thorax, nous fit bientôt abandonner cette idée : nous n'étions pas encore bien fixé sur la cause qui pouvait faire cesser ce bruit, quand cette femme mourut subitement.

Son autopsie, que je fis avec le plus grand soin, car je ne doutais pas d'y puiser quelques notions intéressantes sur le

mécanisme des bruits cardiaques, nous révéla l'existence d'une ancienne péricardite, avec plusieurs couches albumineuses, occupant toute la surface du cœur, à l'exception de la pointe qui en était entièrement dépourvue, et qui offrait son aspect lisse et poli ordinaire.

Je compris facilement alors comment, chez cette femme, le bruit du choc de la pointe se faisait entendre, tandis que celui de la face antérieure n'existait plus : les fausses membranes, superposées derrière le sternum et d'une épaisseur totale de plus de quatre centimètres, faisaient l'office de coussin, amortissaient le choc et empêchaient ainsi le bruit.

Les accumulations de liquide dans la membrane qui entoure le cœur, ou les hydro-péricardes, ne s'opposent pas en général aux bruits cardiaques ; c'est qu'en effet il n'y a rien là qui mette obstacle aux mouvements de l'organe ; plongé au milieu du liquide, il s'y meut à l'aise, ses chocs sont simplement un peu moins intenses. Il ne faut pas cependant que l'hydro-péricarde dépasse certaine limite, car si le liquide devient très-abondant, le cœur repoussé en arrière, maintenu à une distance considérable du sternum, ne saurait venir heurter les parois antérieures et latérales de la poitrine ; les bruits devront donc cesser (1).

Ce résultat remarquable a été noté par Laennec et plusieurs autres médecins ; mais Laennec n'a pas cherché à en donner l'explication, car ce seul fait aurait ruiné toute sa doctrine des contractions bruyantes des fibres du cœur, comme il suffit pour anéantir toutes les autres hypothèses qui

(1) Ils cessent en effet, et sont quelquefois remplacés par d'autres bruits de chocs qui, sans doute, naissent des coups du cœur sur des surfaces avec lesquelles il est accidentellement en rapport. Ces bruits sont plus distincts à l'oreille en arrière du thorax où ils prennent naissance qu'à la partie antérieure d'où le cœur est éloigné.

placent la source des bruits du cœur dans le cœur même (1).

Il est encore d'autres causes physiques qui s'opposent au développement des bruits cardiaques; à l'opposé des précédentes, elles appartiennent à l'organe même, et leur étude est d'autant plus curieuse, qu'elles répandent de nouvelles lumières sur l'admirable mécanisme qui fait mouvoir notre sang.

Au commencement de cette année, une femme entra à l'Hôtel-Dieu et fut placée dans mes salles; ses bruits cardiaques nous offrirent l'anomalie suivante : on entendait distinctement le premier bruit, c'est-à-dire le bruit du choc de la pointe, mais, au lieu du second bruit, nous entendions une sorte de frottement anormal qui avait évidemment lieu au moment de l'entrée du sang dans les ventricules; et comme ce bruit était superficiel et voisin du sternum, nous jugeâmes qu'il avait pour cause une altération organique à l'orifice auriculo-ventriculaire droit, très-probablement à la valvule tricuspide (2).

Nous adhérions d'autant plus volontiers à ce diagnostic, qu'en l'admettant, nous pouvions expliquer à la fois, et la disparition du bruit normal et son remplacement par un bruit anormal.

---

(1) Les liquides sont d'excellents conducteurs du son; ils ont sous ce rapport l'avantage relativement à l'air. Aussi toutes les fois qu'il existe en même temps hydro-péricarde et bruits accidentels du cœur, ces derniers s'entendent-ils distinctement jusqu'aux derniers moments de la vie, tandis que les bruits normaux qui dépendent des chocs du cœur sur les parois pectorales ont dès long-temps cessé de se faire entendre.

(2) D'après les idées de plusieurs médecins j'aurais dû diagnostiquer ici une *insuffisance* des valvules sygmoïdes, aortiques ou pulmonaires, qui, assure-t-on, est caractérisée par un bruit qui accompagne la rentrée dans les ventricules du sang qui vient d'en être expulsé. Mais j'ai vu plus d'une fois cette disposition et ce trouble de la circulation, et jamais je n'ai remarqué qu'il fût accompagné d'un bruit semblable à celui dont il est ici question.

En effet, pour que le cœur vienne heurter brusquement contre le sternum, dans l'instant de la dilatation des ventricules, il faut que ceux-ci se remplissent rapidement de sang au moment où ils se relâchent; l'abord subit du liquide est pour beaucoup dans la dilatation des ventricules, et sans doute la principale source du choc du cœur contre le sternum. Or, dans l'état sain, les orifices auriculo-ventriculaires sont très-larges relativement à la capacité des ventricules; le sang, fortement pressé dans les veines caves et pulmonaires, et le plus souvent aussi par la contraction des oreillettes, est lancé dans les ventricules qu'il dilate brusquement.

Mais si l'orifice par lequel le sang pénètre dans ces cavités est étroit, ce mouvement rapide ne peut plus avoir lieu; il faudra un certain temps pour que le ventricule se remplisse, et dès lors la principale cause physique du choc ayant disparu, le bruit qui en résulte disparaît avec elle.

Tels étaient mes raisonnements sur la position de cette femme; mais tout cela n'était encore que conjectures, et, dans les sciences physiques, les conjectures sont bien peu de chose, tant qu'elles n'ont pas subi la vérification des faits.

Cette malade est morte au mois de mai dernier; et jusqu'à son dernier instant elle a présenté le phénomène dont j'ai parlé, point de second bruit, et en place un bruit de frottement.

L'ouverture de son corps me fit apprécier l'avantage d'être guidé par une théorie fondée sur les lois physiques; les choses étaient exactement comme je les avais supposées: il existait un rétrécissement annulaire à la base de la valvule tricuspide. J'ai montré la pièce au Collége de France, dans mon cours de cette année, et je la conserve à la disposition des personnes qu'elle pourrait intéresser.

La modification des bruits cardiaques, dont je viens de parler, doit être rare, car je ne l'ai observée qu'une fois. Il en

est une autre plus fréquente et qui est pour ainsi dire la contre-partie.

Dans celle-ci le bruit du corps du cœur est normal; celui de la pointe a disparu et est remplacé par un son de frottement très-prononcé, ce que les médecins nomment bruit de *râpe*.

Dans cette modification, les ventricules se remplissent avec facilité, aussi le bruit clair se manifeste-t-il; mais le sang ne passe qu'avec une certaine difficulté dans l'artère aorte. Ou bien le vaisseau est trop étroit, ou bien les valvules sygmoïdes sont inégales et déformées; toujours est-il que l'expulsion du sang, par la contraction du ventricule, ne se fait plus d'un seul coup comme dans l'état ordinaire, la crosse de l'aorte n'est plus subitement redressée, et par suite, la pointe du cœur ne vient plus frapper le thorax, ou, si elle y arrive, son choc est faible, et par conséquent aphonique.

J'ai, depuis quelques jours, dans mes salles à l'Hôtel-Dieu, une vieille femme qui offre une modification singulière : c'est la première fois que je la rencontre, et je ne sache pas qu'elle ait été notée par aucun auteur.

Il y a chez cette femme, 1° disparition complète du bruit clair, ou deuxième bruit; 2° affaiblissement extrême, et parfois absence du premier bruit; et 3°, à la place de celui-ci un bruit de frottement manifeste à l'instant où le sang pénètre dans l'aorte.

L'orifice de cette artère offre sans doute un obstacle maladif au passage du sang, et sous ce rapport, ce cas se rapporte à celui dont j'ai parlé précédemment; nous aurons ici, si nous ne nous sommes point abusé, l'explication de l'absence du bruit du choc de la pointe, et de l'existence du bruit de frottement.

Mais quelle est la cause de la disparition complète du deuxième bruit? Ce n'est point un hydro-thorax, ni aucun

épanchement liquide, car la percussion de la poitrine donne partout un son clair. Est-ce un hydro-péricarde? La percussion ne l'indique pas non plus. Est-ce une ancienne péricardite, ou simplement une dilatation du ventricule droit? Je suis assez porté à supposer cette dernière cause. Mais supposer, c'est avouer qu'on ignore, et c'est en effet où j'en suis relativement au diagnostic précis de la maladie de cette femme, en ce qui regarde l'absence du choc du ventricule. Cependant je ne crois pas hasarder beaucoup, en annonçant qu'il existe chez elle un empêchement physique au choc du cœur sur le sternum.

Tels sont les faits cliniques de quelque intérêt qui se sont présentés à mon observation, depuis que je m'occupe du mécanisme des bruits du cœur : ils sont sans doute fort peu nombreux, relativement à ceux que le temps pourra me fournir, car les nuances des altérations physiques du cœur sont très-multipliées; mais, quel que soit leur nombre, chacun a pu remarquer avec quelle facilité ils sont venus se ranger dans la nouvelle théorie que je propose, et comment ils en deviennent ainsi, ensemble ou séparément, une puissante confirmation.

Je n'ai donc point épuisé mon sujet; il me reste encore beaucoup plus à faire; mais le temps seul peut m'en fournir les moyens.

Il me reste surtout à examiner et à m'efforcer de ramener aux lois générales de la production du son, les bruits accidentels qui se développent fréquemment dans le cœur et les vaisseaux, sous l'influence de certaines maladies.

J'ai déja réuni, sur ce sujet neuf et curieux, un assez grand nombre de faits; j'en ai fait le but de plusieurs expériences. J'aurai l'honneur d'en présenter les résultats à l'Académie, dans un Mémoire spécial.

MÉMOIRE

SUR

LES EFFETS CONSÉCUTIFS

DES PLAIES DE TÊTE

ET

DES OPÉRATIONS PRATIQUÉES A SES DIFFÉRENTES PARTIES.

Par M. le Baron LARREY.

Lu à l'Académie des Sciences, le 7 avril 1834.

Le Mémoire que nous avons l'honneur de communiquer à l'Académie, a principalement pour objet l'étude des effets consécutifs des blessures reçues à l'armée, et des opérations pratiquées sur les champs de bataille, soit par rapport aux parties lésées elles-mêmes, soit à raison des influences morbides ou salutaires que ces lésions, ou les opérations chirurgicales qui les ont suivies, ont pu exercer sur les organes de la vie, sur ceux des sens, ou sur les facultés intellectuelles.

Dans ce travail, nous avons eu pour but de connaître, pour la pratique de la chirurgie dans les maladies aiguës et chroniques, quels sont les meilleurs préceptes à suivre dans le traitement de ces différentes lésions et dans la pratique des opérations qu'elles peuvent nécessiter, quelle que soit l'époque, après l'invasion de la maladie, où ces opérations ont été faites. Nos principes, basés sur l'anatomie physiologique, seront étayés d'un grand nombre d'observations authentiques que nous avons recueillies avec une scrupuleuse attention au lit des malades.

Pour donner à ce travail un ordre méthodique et en faciliter l'analyse, nous suivrons la marche que nous avons adoptée pour notre premier ouvrage de clinique, dont ce dernier sera le complément. En conséquence, nous commencerons par les plaies de la tête avec perte de substance aux os du crâne, lésion des méninges et du cerveau. Dans ce chapitre nous comprendrons les plaies des oreilles réunies par des sutures, celles de l'organe visuel qui aurait subi une opération, et celles des deux mâchoires avec fracas et déperdition de substance osseuse. Nous ferons connaître aussi les meilleurs moyens à mettre en usage pour aider la nature à perfectionner ou à réparer les fonctions des organes de la bouche, et celles qui dépendent des autres parties extérieures de la tête. On suivra la même marche pour les autres régions du corps.

§ I.

Dans ce paragraphe, nous nous bornerons exclusivement à la description des phénomènes qu'offrent, après leur guérison, les plaies de tête suivies d'une perte de substance plus ou moins étendue dans toute l'épaisseur des os du crâne, soit que cette perte de substance ait été le résultat d'une trépanation, ou de l'extraction d'une portion des parois de cette boîte osseuse, séparée de l'organisme vivant par l'effet d'une cause mécanique, ou par celui d'une exfoliation spontanée. Le diamètre de l'ouverture de cette destruction peut d'abord varier à l'infini par sa forme et sa grandeur.

Le mode d'occlusion de ces ouvertures n'a cessé d'occuper les médecins, depuis Hippocrate jusqu'à nos jours. La diversité de leurs opinions sur le mécanisme et les moyens que la nature emploie pour atteindre ce but, fut même telle, qu'au milieu du 17e siècle, elle fit naître dans le sein de l'ancienne Académie de chirurgie la question de savoir comment se ferment les ouvertures accidentelles du crâne.

Avant cette époque, on avait cru, d'après quelques faits mal observés, que la lame externe de la dure-mère fournissait une végétation vasculaire, qui passait à travers le trou du trépan ou la perforation du crâne, et se mettait en rapport avec les parties molles extérieures pour établir une adhésion mutuelle, et former ainsi une sorte de cicatrice ou obturation charnue acquérant par la suite une consistance solide, que quelques médecins ont crue susceptible de s'ossi-

fier (1). Ambroise Paré et Hippocrate lui-même avaient néanmoins reconnu que les cicatrices qui se formaient sur les portions détruites du crâne, présentaient toujours une excavation proportionnée à l'étendue de la perte de substance, et que les pulsations des artères du cerveau et des méninges se faisaient visiblement sentir à travers la peau très-mince de ces cicatrices; phénomène que l'on observe pendant un laps de temps, plus ou moins prolongé, selon l'âge du sujet et les dimensions de l'ouverture du crâne. Ambroise Paré, surtout, fait remarquer que certains charlatans, avec la promesse de faire promptement consolider ces cicatrices, employaient des plaques d'or dont ils ne se servaient que momentanément, et qu'ils confisquaient ensuite à leur profit. Ce chirurgien célèbre ne blâme pas seulement ces calottes d'or par un sentiment de probité, mais il les critique avec raison comme une prothèse inutile et nuisible à l'intégrité des fonctions du cerveau; aussi donne-t-il judicieusement le conseil d'employer de préférence une calotte ou une plaque formée d'un mélange de carton et de cuir bouilli.

Bien que l'Académie de chirurgie n'ait pas donné une solution positive à sa question, elle a répandu néanmoins une grande lumière sur cette partie de la thérapeutique chirurgicale, par les discussions qu'elle a fait naître dans son sein, et par le grand nombre de faits qu'elle a rassemblés sur

---

(1) Plusieurs chirurgiens croient encore aujourd'hui à l'ossification du péricrâne et de la dure-mère. Voyez à ce sujet les *Thèses du concours pour la chaire de pathologie externe de la Faculté* (1833, Sanson et autres).

ce point important de la science. Nous sommes surtout redevables au célèbre Tenon, l'un des anciens membres de cette Académie, d'un très-beau et très-utile travail sur l'organisation du crâne humain. (Voyez les Mémoires de l'Académie des sciences pour l'année 1809.) Enfin la question s'est tellement éclaircie, qu'on ne peut maintenant méconnaître le mécanisme de la nature pour l'obturation de ces ouvertures. Nous avons déja émis notre opinion à ce sujet dans les ouvrages que nous avons publiés, ou plutôt nous avons rendu compte du résultat de nos recherches et de notre expérience sur la cicatrisation de ces plaies; nous tâcherons de reproduire ce résultat avec toute la clarté et la précision possibles.

Qu'arrive-t-il en effet dans les solutions de continuité du crâne, avec ou sans perte de substance?

1° Dans ce dernier cas, nous supposons une fêlure ou une fracture simple, soit qu'elle ait été mise à découvert ou qu'elle n'ait pas été en contact avec l'air extérieur. Cette division, quelle qu'en soit la cause mécanique, est suivie de l'exsudation des fluides sanguins, plus ou moins abondants, des portions rompues de l'os, lesquels s'épanchent dans le crâne, et le plus ordinairement entre ses parois et la dure-mère, ou bien ils s'échappent au dehors vers la plaie extérieure, s'il en existe, et ce sont principalement les veines qui sillonnent le diploé (déja indiquées par Hippocrate), qui fournissent ces fluides. S'ils ne sont pas très-abondants, et que le sujet soit jeune, après avoir produit les effets de la compression sur le cerveau, en supposant qu'il y ait eu épanchement intérieur, il se fait un travail d'exfoliation insensible des bords de ces fractures ou fêlures, qui ne commence jamais avant le

vingt-cinquième jour; mais la ligne de démarcation de la portion saine des bords de l'os fracturé, avec celle qui est nécrosée ou vermoulue, n'est apparente que du vingt-neuvième au trentième jour, et l'exfoliation de ces points désorganisés a rarement lieu avant le cinquantième jour : encore peut-elle être retardée selon une infinité de circonstances.

Ces corps étrangers évulsés, et les fluides extravasés ou épanchés étant entièrement absorbés, la nature opère la soudure des bords restés sains de cette fracture, en faisant détacher des vaisseaux de chacun de ces côtés pour les mettre dans un contact réciproque, où ils s'anastomosent mutuellement, et cette soudure a lieu d'une manière plus ou moins prompte, selon les points de l'os fracturé et son élasticité. Elle s'établit plus exactement et plus vite, lorsque la solution de continuité est en rapport avec le centre de l'un des os du crâne, que lorsqu'elle se trouve vers ses bords; dans les points les plus épais, que dans ceux qui sont les plus minces ; chez les jeunes sujets plutôt que chez les adultes ou chez les vieillards. Chez les premiers, ce travail de soudure devient quelquefois exubérant, de manière à produire vers la face interne ou concave de la voûte du crâne, une sorte de végétation dans la direction de ces vaisseaux, laquelle fait une saillie relative vers la dure-mère et le cerveau, et détermine sur cet organe une compression médiate ou immédiate, selon que cette membrane fibreuse sera entamée ou non, d'où résultent des phénomènes pathologiques qui varient par leur nature ou leur intensité, selon le degré et l'étendue de cette compression. Nous avons eu l'occasion, un grand nombre de fois, de voir ces exubérances intérieures, qu'on peut appeler traumatiques, occasioner des accès d'épilepsie, de manie ou

de spasme nerveux : on en trouve des observations dans mes Mémoires, et nous aurons occasion d'en rapporter d'autres qui ne sont pas sans intérêt.

2° Dans le cas d'une déperdition de substance plus ou moins considérable, comme celle qui est le résultat de l'application d'une ou de plusieurs couronnes de trépan, ou de l'extraction de fragments d'os enfoncés dans la cavité crânienne, ou nécrosés par une cause quelconque, jusqu'à la table vitrée inclusivement, la nature, après s'être débarrassée des portions osseuses désorganisées, travaille à fermer le vide, mais ce n'est point, comme l'ont cru quelques médecins, en faisant ossifier la lame extérieure de la dure-mère qui fermait primitivement l'ouverture. Ses vaisseaux ne sont nullement propres à cette ossification, attendu qu'ils sont tous disposés par couches concentriques; qu'après s'être ramifiés à l'infini, ils se terminent sans doute dans les pores exhalants de la surface séreuse de cette membrane. Il faut un travail intérieur pathologique divergent, pour produire un effet contraire, comme cela arrive dans les fongus de la dure-mère, qui se développent de dedans en dehors. A moins de cette aberration maladive, les vaisseaux de la dure-mère ne s'ossifient jamais, et c'est une des sages précautions de la nature; car, autrement, qu'arriverait-il si cette membrane pouvait s'ossifier? Qu'elle aurait bientôt fait naître une double paroi osseuse, qui porterait immédiatement atteinte à l'intégrité du cerveau. Le périoste du crâne ou le péricrâne, beaucoup plus ténu que le périoste des os des membres, ne contribue pas davantage à cette clôture par son ossification. Bien que cette membrane fibreuse se reproduise lorsqu'elle a été détruite, elle ne s'ossifie point.

Avant d'avoir observé, chez nos invalides, les têtes de ceux qui ont subi l'opération du trépan à des époques reculées, j'avais eu l'occasion de suivre à l'Hôpital-Militaire du Gros-Caillou plusieurs sujets que j'avais successivement trépanés et qui étaient parvenus à la guérison. J'avais aussi fait beaucoup d'expériences sur les animaux. Dans toutes ces circonstances, j'avais remarqué que la nature travaillait très-lentement à fermer ces ouvertures, tandis que, si leur occlusion pouvait être le résultat de l'ossification des membranes fibreuses dont nous venons de parler, le bouchon propre à clore le trou du crâne s'ossifierait immédiatement. L'expérience a démontré qu'en effet ces membranes ne contribuaient à ce travail d'ossification que pour protéger, par leur présence, le cerveau de son contact sur les bords de l'ouverture du crâne, et pour mettre encore cet organe à l'abri de l'action de l'air extérieur. Dans cette intention, la nature donne à la portion de la dure-mère qui correspond à l'ouverture du crâne, une consistance plus grande, par un léger boursoufflement qui survient à son tissu, et protége ainsi le travail qui a lieu pour l'occlusion de l'ouverture. Lorsque cette occlusion est entièrement terminée, cette méninge rentre dans son état naturel en contractant une adhérence intime avec tous les points de cette cicatrice osseuse. Il est donc bien certain, ainsi que nous l'avons dit dans nos premiers Mémoires, publiés depuis plus d'un quart de siècle, que l'ouverture du trépan, ou toute autre déperdition de substance aux os du crâne, ne se ferme que par l'alongement et l'amincissement des fibres ou vaisseaux osseux des bords de cette ouverture. En même temps, il s'opère un travail de concentration et de resserrement de toute la paroi

osseuse correspondante, en sorte qu'après la guérison complète de ces solutions de continuité, on trouve une réduction sensible à toute la région correspondant au point trépané. Nous sommes le premier qui ayons fait remarquer ce travail de concentration dans les os qui forment la paroi de la poitrine, dans les vertèbres, et enfin dans tous les os de l'économie. Voyez surtout nos réflexions sur ce qui se passe au thorax après l'opération de l'empyème.

Voyons comment s'opère cette cicatrisation osseuse, ou l'occlusion de l'ouverture que nous avons supposée aux parois du crâne. Le premier phénomène qui s'observe dans ce travail spontané de cicatrisation est un léger ramollissement qui se fait dans une assez grande étendue du pourtour de la perte de substance, caractérisé par le gonflement de ses bords et l'exaltation de la sensibilité qui s'est développée dans tous ces points : à ce premier phénomène succèdent graduellement une dépression, de plus en plus manifeste, dans les mêmes bords de l'ouverture, et une réduction proportionnée dans le vide. Les téguments de la tête et leurs propres vaisseaux étant plus extensibles et d'un développement plus facile, la nature a commencé l'occlusion de la plaie de l'os par une cuticule qu'elle a projetée sur toute son étendue, en sorte que la cicatrice des parties molles, qui s'opère plus ou moins promptement, selon l'âge des sujets, devance toujours la réunion des bords de la solution de continuité osseuse. Cette dernière cicatrisation se continue sous la cuticule dermoïde, d'une manière insensible, de la circonférence au centre; et après un laps de temps, proportionné au diamètre de l'ouverture osseuse, et à l'âge des individus, les

rayons osseux convergents, ou les vaisseaux qui les forment, finissent par s'entre-toucher et s'anastomoser entre eux. Enfin l'ouverture se ferme complétement. Pour arriver à ce résultat, la nature y consacre plusieurs mois, et même des années, selon ses ressources. Le spécimen des sujets de nos observations n'avait disparu chez les uns, qu'après 6, 8 et 10 mois, et chez d'autres, qu'après une, deux, trois, cinq et six années. Encore la déperdition de substance osseuse n'avait-elle point dépassé, chez aucun de ces sujets, le diamètre de deux ou trois centimètres. Il arrive même quelquefois, surtout lorsque la perte de substance est très-grande, que l'ouverture ne se ferme jamais en entier, et qu'il reste à son centre un espace rempli seulement par la dure-mère, dont les vaisseaux s'anastomosent avec ceux du péricrâne. Nous en avons vu des exemples chez plusieurs invalides, morts de vieillesse, et dont les blessures remontaient aux premières campagnes de la guerre de la révolution. En 1832, on sentait encore, à travers la cicatrice mince du cuir chevelu de l'un des combattants de juillet 1830, les battements des vaisseaux artériels de l'encéphale. Cette cicatrice était le résultat d'un coup de sabre qui avait coupé, avec les téguments, une portion de l'os pariétal droit, large comme la paume de la main, qu'on avait détachée du lambeau, et ce lambeau avait été ensuite recollé sur l'ouverture du crâne que cette plaie avait faite. Bien que ce sujet soit jeune, il n'y a nul doute que la nature aura encore besoin d'un certain nombre d'années pour clore ce trou complétement.

Maintenant que nous avons rendu compte de ce mode de travail spontané (du moins autant que nous avons pu le com-

prendre), dans la cicatrisation et l'occlusion des plaies du crâne, avec perte de substance à ses parois, nous allons parler des effets consécutifs de ces solutions de continuité sur l'encéphale lui-même, et des phénomènes que sa compression mécanique, ou ses propres lésions, ont produits chez les sujets de nos observations.

1° Chez les jeunes individus, et lorsque la perte de substance aux os du crâne est nette, longitudinale, peu étendue et, par conséquent, sans qu'il soit resté de fragments qui participent de la vie par leur soudure aux bords de l'ouverture du crâne, la réduction qui s'opère dans la région blessée, pour l'occlusion de cette ouverture, est peu sensible, et le cerveau n'éprouve qu'une compression proportionnée, qui ne peut porter atteinte à l'intégrité de ses fonctions, à moins que cela n'arrive pendant le travail de l'obturation, parce qu'il existe alors un gonflement plus ou moins sensible dans la portion de la dure-mère qui est en rapport avec l'ouverture du crâne; et cette membrane, dans cet état d'épaississement, doit comprimer, dans les mêmes proportions, les points correspondants du cerveau. Dans ce cas, s'il survenait une aberration aux fonctions de cet organe, elle n'aurait lieu que temporairement, et l'équilibre peut se rétablir complétement par la suite.

2° Lorsqu'au contraire la perte de substance est considérable, et que le sujet est seulement arrivé à l'âge adulte, la nature ne peut clore ces larges ouvertures que par un travail de réduction proportionné dans toute la paroi du crâne correspondante, et dans ce cas, la portion subjacente du cerveau éprouvera nécessairement une compression relative,

qui sera suivie d'une aberration quelconque dans les fonctions auxquelles les organes comprimés président. Au reste, l'analyse en sera toujours difficile. Néanmoins l'exposé des observations que nous avons recueillies sur ces genres de blessures, pourra jeter quelques lumières sur les points principaux de cette topographie cérébrale.

3° La soudure prématurée des sutures du crâne produit un résultat analogue. Elle ne peut s'opérer, en effet, qu'en réduisant dans des proportions relatives la cavité crânienne, et, par la même raison, le cerveau lui-même recevra sur toute sa périphérie une compression mécanique qui sera d'abord peu sensible, mais qui deviendra ensuite progressive. Cette ossification des sutures qui se manifeste quelquefois chez de jeunes sujets (comme nous en avons des exemples), est le résultat d'un travail d'irritation latente qui s'établit dans le tissu des os du crâne, et y fait accélérer tous les degrés de l'ossification. Cette irritation elle-même peut être l'effet d'une cause mécanique, telle que la présence, dans l'épaisseur de ces os, d'un corps étranger, soit projectile ou fragments osseux enclavés dans leur propre substance, ou de toute autre cause morbide spontanée. Dans toutes ces circonstances, les résultats sont les mêmes. Nous avons déja rapporté plusieurs observations qui donnent la preuve que cette ossification prématurée des sutures porte également atteinte à l'intégrité des fonctions cérébrales. Nous aurons occasion d'en parler encore.

4° Dans les fractures du crâne, avec enfoncement des pièces osseuses, soit qu'on néglige de les extraire, soit qu'elles aient échappé aux recherches du chirurgien, ou bien qu'il les ait

laissées à dessein, dans l'intime persuasion que n'étant point isolées des adhérences vasculaires des membranes internes et externes correspondantes, elles peuvent participer de la vie de nutrition et se souder entre elles et avec les bords de la fracture ou de l'ouverture du crâne, il arrive souvent qu'il s'établit une exubérance intérieure, par la saillie ou le déplacement qu'éprouvent les fragments osseux : or, cette exubérance pèse sur le point correspondant de l'encéphale, le comprime à des degrés divers, et trouble par conséquent les fonctions de l'organe lésé. Ce sont ces lésions partielles, et plus ou moins circonscrites du cerveau et du cervelet, qui depuis longues années ont spécialement fait l'objet de mes recherches. Nous avons déja rapporté un grand nombre de faits curieux sur ce point de pathologie physiologique, et nous aurons encore l'occasion d'en rapporter plusieurs autres.

L'hypertrophie spontanée des os du crâne, qu'elle soit partielle ou générale, peut présenter les mêmes résultats et offrir des phénomènes analogues. Nous aurons sans doute occasion d'en parler.

Nous ferons encore quelques réflexions sur la cicatrice de ces blessures avec perte de substance aux os du crâne. Pour la protéger et mettre la partie subjacente du cerveau à l'abri du contact de l'air et des corps extérieurs, on a imaginé de faire porter aux sujets qui sont dans ce cas, des calottes d'or ou de vermeil; et ce genre de prothèse a été mis de tout temps en usage à l'Hôtel-des-Invalides. Il existe encore six ou sept de ces vétérans, munis de ces calottes, qui ont perdu une plus ou moins grande portion des os du crâne par l'effet de la trépanation. A mon arrivée dans cet hôtel, en avril 1832,

j'aurais proposé de substituer à ces calottes de vermeil, des plaques en cuir bouilli ou en carton préparé à cet effet, s'il n'eût fallu respecter cet usage et le préjugé de l'invalide qui en est porteur; car il est bien évident que, comme excellents conducteurs du calorique, ces plaques métalliques entretiennent, pendant les chaleurs de l'été, sur la région du crâne où elles sont posées, un foyer de chaleur extraordinaire qui doit nécessairement irriter le tissu nerveux et vasculaire du *cutis*, celui des membranes cérébrales sous-jacentes, et raréfier les fluides qui circulent dans les vaisseaux de l'encéphale; d'où résultent des céphalalgies, des tremblements dans les membres, et quelquefois des accès épileptiformes ou des spasmes nerveux. J'ai remarqué aussi que ces calottes retardaient l'entière occlusion de l'ouverture osseuse du crâne; et d'ailleurs, si elles venaient à se rompre sous la chute du trépané, les éclats pourraient pénétrer jusqu'au cerveau, par la cicatrice très-délicate des téguments, ou fracturer la lame très-mince et fragile qui fermerait le vide qui pourrait exister à l'os. Pendant les froids intenses de l'hiver, ces invalides éprouvent encore une pesanteur incommode, un sentiment pénible d'engourdissement sur toute la périphérie du crâne, et toutes les fonctions de l'individu sont enrayées par cette compression sédative. Ceux de nos soldats qui, pendant la campagne de Russie, ont eu le bonheur de posséder leurs bonnets à poils, ou d'autres bonnets garnis de fourrures, ont conservé la vie et l'intégrité de leurs fonctions cérébrales. J'en suis moi-même un exemple. Pour prévenir ces inconvénients, l'on doit suivre le conseil qu'Ambroise Paré donne dans son X[e] livre, au chapitre 22[e], c'est-à-dire de se servir d'une

calotte préparée avec un mélange de cuir bouilli et de carton, à l'instar de celles que nous avons indiquées. Nous nous sommes proposé d'introduire cet usage chez nos invalides, en commençant par le sujet de l'observation du sieur Déneu, oncle de l'accoucheur célèbre de ce nom, déja cité dans le 4e volume de notre Clinique chirurgicale, page 51.

Bien qu'il y ait des médecins et de grands anatomistes qui contestent la possibilité de la réduction du crâne, nous avons l'intime conviction qu'elle a réellement lieu dans les cas dont nous venons de parler. Pour appuyer leur assertion, ces anatomistes s'étayent de la structure de ces os formés presque en totalité de substance compacte, dense et d'un tissu de fibres très-serré; propriétés qui, d'après l'opinion de ces médecins, ne leur permet point cette métamorphose, tandis qu'ils ne la contestent pas pour les autres os du reste de l'économie (1). Mais, par la même raison que les côtes, chez des sujets adultes, aussi compactes que les os du crâne, changent de forme selon les besoins de la nature, ces derniers, dont l'organisation est soumise à des lois semblables, peuvent éprouver et éprouvent réellement les mêmes aberrations, lorsqu'ils sont soumis à des causes analogues. Ainsi, dans l'hydrothorax, ou toute autre collection de liquide formée dans l'une ou les deux cavités de la poitrine, les parois osseuses de ces cavités non-seulement s'écartent les unes des autres pour augmenter l'espace intérieur et céder par degrés une partie du terrain à la masse des liquides qui les presse excentriquement, mais elles s'élargissent en s'amincissant,

(1) Voyez à la fin de ce chapitre la lettre du professeur Séommerring.

et leur courbure diminue dans les mêmes proportions. Lorsque la collection est évacuée pour ne plus se reproduire, toutes ces parois, primitivement dilatées, se rapprochent immédiatement, cherchent à combler le vide, et les côtes elles-mêmes se courbent, s'arrondissent et deviennent presque cylindriques. (Voyez dans notre premier ouvrage de Clinique, l'article cité à la page 193.)

Dans les cas d'hydrocéphale, les os du crâne éprouvent les mêmes changements; ils sont également écartés ou dilatés en dehors par l'accumulation du liquide séreux et l'expansion excentrique de l'encéphale; ils s'amincissent et augmentent en largeur à un tel degré, que nous avons vu des têtes d'hydrocéphales dont le crâne avait, dans son plus grand développement, dix, douze et quatorze pouces de diamètre. Lorsque les sujets sont jeunes, et que la maladie n'est que commençante, ou que la collection se borne aux ventricules du cerveau dont les parois ne sont pas encore très-distendues, le liquide épanché peut être résorbé en partie ou en totalité. Dans ce cas, la nature travaille à ramener insensiblement la voûte crânienne vers la périphérie du cerveau, qui suit à son tour, par son élasticité propre et ses propriétés rétractiles, l'absorption du liquide, en sorte que toutes ces parties reviennent, par degrés et à la longue, à l'état normal. Nous avons des exemples multipliés de ces changements, où la réduction du crâne, et par conséquent celle de toute la tête, ne pouvait être mise en doute. Pour avoir cette conviction, nous avons pris plusieurs fois la mesure des têtes des sujets de nos observations, pendant la marche de la maladie et après la guérison.

Comme toutes les parties du corps, le crâne se réduit dans

l'âge avancé; mais cette réduction est plus sensible chez les femmes que chez les hommes, chez celles surtout qui ont passé 75 ou 80 ans : non seulement la face concave de cette voûte osseuse se rétrécit dans tous les sens, mais celle convexe, à raison de son extrême densité, ne pouvant obéir à cette réduction concentrique, éprouve un travail d'usure, par l'effet de l'absorption dans ses parties les plus saillantes, et les os perdent insensiblement de leur épaisseur dans les mêmes proportions. Dans ces cas de réduction du crâne, l'encéphale est réellement comprimé dans les points de sa périphérie qui se trouvent en contact avec ceux rétrécis ou hypertrophiés de cette boîte osseuse. Ce résultat s'opère sans doute d'une manière graduée et insensible; mais les fonctions cérébrales de l'individu n'en éprouvent pas moins une altération relative à l'étendue et à la force de la compression, que la conscience ne peut apprécier, parce que le cerveau est lui-même dépourvu de nerfs ; ce qui peut expliquer l'absence de la douleur dans la cérébrite. Néanmoins les fonctions sensitives ou locomotrices sont plus ou moins lésées, et ces lésions se compliquent souvent d'accès d'épilepsie ou de folie, dont le caractère varie selon les divers points comprimés, et les degrés d'après lesquels la pression s'exerce.

Nous avons rapporté dans notre premier ouvrage de clinique chirurgicale les observations de plusieurs sujets chez qui des exubérances, ou une hypertrophie établie sur divers points de la voûte crânienne, ou des fongus de la dure-mère, occasionaient des accès d'épilepsie plus ou moins rapprochés et violents. On reproduisait même à volonté, chez l'un de ces sujets atteints de fongus, ces accès épileptiques en

exerçant sur les tumeurs fongueuses une compression mécanique (voyez 1er volume de la Clinique, article *Épilepsie*).

Dans les différentes contrées de la terre que nous avons parcourues, nous avons remarqué que la grosseur et la forme du crâne des peuples qui les habitent, varient selon la coiffure particulière dont ils font usage. Ainsi, les Égyptiens, accoutumés à avoir la chevelure rasée, et à porter un turban qui leur serre la base du crâne circulairement, ont cette dernière partie de la tête parfaitement ronde et fortement bombée vers son sommet, où le travail de nutrition éprouve moins de résistance. Les Africains, ou les hommes de couleur, qui n'ont d'autre coiffure que leurs cheveux crépus et lanugineux, étant sans cesse exposés à l'action de l'air extérieur et du soleil ardent du climat, ont, toutes choses égales d'ailleurs, le crâne plus petit que nos Égyptiens, et fortement incliné d'avant en arrière. J'ai vu, dans plusieurs musées d'anatomie en Angleterre, des crânes de divers peuples des îles éloignées du nouveau et de l'ancien continent, tels que les Caraïbes, tellement comprimés verticalement, que la région frontale était réduite à quelques lignes de hauteur. L'opinion des directeurs de ces musées et des médecins eux-mêmes est que cette déformation est due à l'emploi que font ces insulaires d'une machine en bois, semblable à un étau, avec laquelle ils pressent graduellement la tête des enfants, peu de temps après leur naissance, et la maintiennent dans cette mécanique, jusqu'à ce que le crâne du petit patient ait pris la forme voulue. Je n'ai pu connaître le motif de cette coutume, aussi bizarre que nuisible à la perfectibilité de l'intelligence et à l'intégrité des fonctions cérébrales.

Avant de rapporter les faits qui doivent appuyer nos asser-

tions sur ce travail spontané d'ossification, nous ferons encore quelques réflexions sur les effets des blessures à la tête, suivies de lésions partielles à divers points du cerveau et du cervelet, considérés comme autant d'organes devant remplir des fonctions distinctes : ce qui avait été l'objet de recherches particulières que j'avais déja faites à l'époque de l'arrivée du docteur Gall en France, en 1807. Mais à peine eus-je entendu ce médecin, aux premières démonstrations qu'il fit chez le célèbre Cuvier, dès son entrée à Paris, que je fus immédiatement éclairé dans le chemin ténébreux où j'étais entré. Aussi, après notre première campagne d'Espagne, en 1808, indépendamment des faits que j'avais recueillis en Égypte, je fournis à ce grand anatomiste plusieurs observations importantes qui confirmaient les principales bases de son système, et qui fixèrent l'attention de plusieurs médecins. J'ose même dire qu'elles me parurent exalter un peu l'enthousiasme du professeur allemand : au reste, toutes les découvertes produisent cet effet chez leurs auteurs. Il n'en est pas moins vrai que le docteur Gall a rendu de très-grands services à la science ; il a excité l'émulation parmi les anatomistes de l'Europe, et la portion philosophique de sa doctrine est surtout digne de remarque : quelle que soit la critique qu'on ait faite de cette doctrine, il faut convenir, avec l'un des plus grands génies du siècle (la baronne de Staël), que tout ce qui sert d'instrument à l'intelligence dépend essentiellement de la structure du cerveau. D'ailleurs s'il existe une échelle graduée depuis la plante jusqu'à l'homme, il doit y avoir de certaines facultés en nous qui tiennent de l'ame et du corps ; de ce nombre, sont la mémoire et le calcul, les plus physiques de nos facultés intellectuelles, et les

plus intellectuelles de nos facultés physiques. Les observations nombreuses que nous avons recueillies, dans notre longue et très-laborieuse carrière chirurgicale, semblent appuyer cette assertion. Nous avons aussi communiqué au docteur Gall des faits qui prouvent d'une manière irrécusable les rapports sympathiques qui existent entre le cervelet et les organes générateurs, et réciproquement. Nous osons donc avancer que, long-temps avant qu'il eût paru aucune monographie sur les lésions partielles du cerveau, nous avions rapporté un grand nombre de cas qui ont fait connaître le résultat particulier de ces lésions; nous aurons encore l'occasion d'en parler.

Dans l'examen que nous allons faire des invalides qui conservent des traces de blessures graves à la tête, reçues dans les combats, nous rapporterons succinctement les circonstances qui ont précédé ou accompagné ces lésions.

LÉSIONS DE LA TÊTE.

1re *Observation.* — Le sujet de nos premières remarques est Pierre Maison, dit Deneu, âgé de 66 ans, ayant fait, en sa qualité de soldat, les expéditions de Corfou et des îles Ioniennes, pendant les brillantes et mémorables campagnes d'Italie, c'est-à-dire depuis 1793 jusqu'en 1799, époque à laquelle il repassa en France, et fut incorporé dans l'un des régiments d'infanterie qui faisaient partie de l'armée d'observation, de cette armée qui franchit les Alpes avec une si grande vitesse, et fut livrer la mémorable bataille de Marengo. C'est au moment décisif de ce terrible combat qu'il reçut un éclat

d'obus au front, et fut laissé quelques instants pour mort sur le terrain. Ici notre invalide ne se rappelle pas le laps de temps qu'il passa sans secours sur le champ de bataille. Cependant il fut transporté à l'une des ambulances françaises, où il s'est rappelé avoir subi l'opération du trépan, pour extraire une large pièce d'os qui était enfoncée dans le crâne : il reçut les premiers pansements à cette ambulance, et fut ensuite évacué sur l'hôpital de Pavie. Cette blessure, qu'on avait d'abord regardée comme mortelle, fut suivie de tous les symptômes d'une compression intense, exercée sur le lobe cérébral gauche, tels que la paralysie de tout le côté droit avec assoupissement profond. A ces symptômes, qui se dissipèrent par degrés, succédèrent sans doute ceux de l'inflammation des méninges, et une aberration très-prononcée dans toutes les facultés mentales. Deneu avait surtout perdu la mémoire de toutes choses, et fut long-temps sans pouvoir marcher. Cependant, il fut évacué successivement d'hôpital en hôpital, jusqu'à son arrivée en France, où il fut jugé devoir être admis à l'Hôtel-des-Invalides. Cette admission était commandée non-seulement par l'état paralytique des membres et le trouble des fonctions intellectuelles, mais encore par une plaie fistuleuse, que le blessé conservait au front et qui communiquait dans la cavité du crâne. Nous n'avons pu savoir au juste tout ce qui s'est passé chez cet invalide depuis son entrée à l'Hôtel, parce qu'il n'a cessé d'être dans un état d'aberration, et frappé presque tous les jours d'accès épileptiques. Enfin, à notre arrivée dans cette maison, nous l'avons trouvé dans l'état que nous venons d'indiquer. A cette époque, étant plus souffrant qu'à l'ordinaire, et ayant éprouvé plusieurs accès d'épilepsie dans le

même jour, il fut transporté dans nos salles. Au premier examen, nous avons découvert en effet une plaie fistuleuse d'un demi-centimètre d'étendue au bas d'une large cicatrice déprimée et adhérente à une lamine osseuse profonde, qu'on jugea appartenir à la table vitrée de l'os frontal; et un stylet boutonné, introduit dans cette plaie, nous fit découvrir une grosse esquille mobile encore implantée dans la cavité crânienne. Une incision perpendiculaire, que nous pratiquâmes au-dessous de cette ouverture, nous donna la facilité d'en faire l'extraction, à l'aide d'une forte pince à polype. Cette petite opération ne fut suivie d'aucun accident, et en très-peu de jours la plaie fut cicatrisée. Mais une chose remarquable, qui résulta de l'extraction de cette esquille, ce fut la disparition subite des accès épileptiques, et l'amélioration sensible qui s'est opérée depuis dans les fonctions sensitives, locomotrices et mentales de cet invalide, jusqu'alors profondément lésées. Les seules facultés qui ne se soient pas encore reproduites sont la mémoire des noms propres et le calcul. Il est impossible à ce vieillard de compter avec exactitude jusqu'à dix et de faire une addition de deux ou trois unités : il ne se rappelle point non plus le nom de ses compagnons habituels, et souvent a de la peine à retrouver le sien propre. Du reste, la physionomie de cet invalide exprime l'étonnement et la stupeur; il se réveille instantanément par des éclats de rire, sa voix est confusément articulée, son regard fixe et sa démarche toujours chancelante. Il est passionné pour le vin : aussi tombe-t-il souvent dans l'ivresse. Ce fait est un de ceux qui prouvent, 1° que l'épilepsie, comme nous l'avons annoncé dans un Mémoire publié en 1821, est due à une compression directe ou indirecte, que le cerveau éprouve dans

son épaisseur ou dans quelques points de sa périphérie; 2° que c'est sans doute dans les circonvolutions latérales des lobes cérébraux que résident les organes qui président à la mémoire et au calcul : un grand nombre d'autres faits du même genre que nous avons cités, et d'autres encore dont nous rendrons compte, donnent à cette assertion une grande probabilité; 3° enfin, que malgré les 33 ans qui se sont écoulés depuis l'époque où fut livrée la bataille de Marengo, l'ouverture du crâne, avec une déperdition de substance assez considérable, est à peine fermée aujourd'hui par une lame très-mince de la table vitrée.

2ᵉ *Observation.* — Le sujet de la deuxième observation est un de ces marins intrépides qui méprisent la mort. Il se nomme Jouan (Mathieu), âgé de 63 ans, natif de Saint-Malo. De simple mousse il était parvenu au grade de voilier de première classe. Après avoir séjourné quelque temps à Saint-Domingue, il revint en France, et fut embarqué sur l'un des vaisseaux de l'escadre destinée à protéger les ports français dans la Méditerranée. Étant sur le vaisseau *l'Entreprenant*, ce marin fut témoin, et de la prise de Toulon par l'ennemi, et des malheurs qui accablèrent cette cité; mais le premier grand combat naval auquel il prit part, fut celui du 1ᵉʳ juin 1794, surnommé le combat du *Vengeur*, bataille si désastreuse pour le pavillon français. Il se trouva ensuite dans la mémorable croisière du grand hiver de 1794 à 1795 : embarqué plus tard sur *le Jupiter*, il assista encore au terrible combat qu'une flotte supérieure anglaise livra à l'escadre française, devant Santo-Domingo, en 1806. C'est dans ce combat, qui causa la ruine de notre marine, que Jouan reçut une blessure extrêmement grave à la tête. Un biscaïen d'un assez fort

calibre lui fractura la partie latérale gauche de l'os frontal, et enfonça vers le cerveau un fragment considérable de cet os, si profondément, qu'on fut obligé d'appliquer une large couronne de trépan pour en faire l'extraction. Cette opération ne fut pratiquée néanmoins qu'à son arrivée dans l'un des hôpitaux d'Angleterre, où il fut conduit avec une grande partie des autres marins de l'escadre faits prisonniers de guerre. Il est facile de concevoir les orages violents que ce brave matelot eut à essuyer avant l'opération dont le succès surpassa toute espérance. La compression exercée sur le cerveau par l'enfoncement des fragments osseux, fut d'abord suivie de la paralysie de la vue de l'œil droit et des deux membres correspondants, et cette paralysie ne s'est entièrement dissipée qu'à l'époque où la cicatrice des parties molles se fut manifestée, et que l'ouverture du crâne fut complétement fermée par les téguments. Encore est-il resté une aberration sensible dans les fonctions des sens et l'intellect de ce vétéran. La vue, de ce côté, est restée faible, et le globe de l'œil est réduit de volume. Les bords de cette partie de substance osseuse n'ont paru être en contact qu'après un espace de dix à douze ans, car Jouan nous a dit avoir encore senti, à la fin de cette époque, à travers la cicatrice mince de la peau, les battements du cerveau. A l'aspect de cet invalide, dont le *facies* est fidèlement représenté dans la planche n° 1, on est frappé de l'expression particulière de sa physionomie; elle offre l'image de l'apathie la plus complète, celle d'un homme qui ne pense pas et qui n'a plus la faculté de faire la moindre combinaison; sa bouche est surtout empreinte de tristesse et d'ironie amère. Sa tête est inclinée en avant, et le côté lésé du crâne est très-sensiblement déprimé dans toute l'étendue de la surface cor-

respondante. Cependant, pour bien apprécier cette réduction, nous avons mesuré toute cette partie de la tête à l'aide du compas d'épaisseur et d'un cordon de fil tendu sur toutes les lignes de cette région.

La cicatrice de la plaie, occupant toute la partie supérieure et latérale gauche du front, est ovalaire de haut en bas; elle a cinq centimètres et demi dans sa longueur et trois centimètres dans son diamètre transversal; sa profondeur est d'environ un demi-centimètre.

Ainsi que l'exprime sa physionomie, cet invalide est inaccessible à toutes les sensations agréables ou pénibles, et ne paraît avoir de faculté spontanée que pour alimenter sa mélancolie et parcourir le cercle habituel de ses rêveries chagrines; il est tellement insociable, que l'isolement est son plus irrésistible besoin; aussi vient-il de réclamer sa retraite pour aller finir sa carrière dans la plus profonde solitude, dans une chaumière qu'il a conservée près de Saint-Malo.

Une chose remarquable s'observe chez notre marin, c'est la perte totale du souvenir de tout ce qui s'est passé dans son enfance, depuis son accident, tandis qu'auparavant il se rappelait tous les détails et les plus petites circonstances de sa vie. Nous avons encore constaté, 1° que le son de sa voix frappe d'une manière très-forte l'oreille qu'on applique sur la cicatrice profonde et mince de sa blessure; 2° qu'une sensation pénible qu'il éprouve, lorsque cette cicatrice n'est pas recouverte par un corps solide qui la bouche hermétiquement, consiste dans un bourdonnement perpétuel qu'il croit entendre par cette perte de substance. Nous rendrons compte plus loin de quelques essais que nous avons tentés à cet égard sur ce sujet et sur plusieurs autres.

Ce fait, curieux sous beaucoup de rapports, prouve toujours, sous celui de la thérapeutique chirurgicale, et contre l'assertion de plusieurs auteurs, l'utilité de l'opération du trépan, lorsqu'elle est pratiquée avec discernement et à propos.

3e *Observation.* — A notre agréable surprise, nous avons trouvé à l'Hôtel l'un des sujets que nous avions trépanés à l'hôpital militaire du Gros-Caillou. (Cette opération eut pour résultat l'extraction de deux fragments osseux dont l'un, de forme orbiculaire, était de la grosseur d'une pièce de 5 fr.; l'observation est insérée au 1er volume de ma Clinique chirurgicale (voyez l'article *Plaies de tête*). Cet invalide, âgé de 40 ans, se nomme Jacques Lehmann.

La cicatrice de la blessure extrêmement grave que reçut ce soldat, immédiatement au-dessous de la bosse pariétale gauche, n'a plus aujourd'hui que deux centimètres d'étendue dans sa plus grande dimension, et présente une dépression sensible dans son point central encore membraneux. Tout le côté correspondant de la tête est manifestement aplati et plus affaissé que celui du côté opposé; la mesure nous a fait reconnaître une réduction de plus d'un centimètre dans les deux diamètres antéro-postérieur et transversal de cette surface lésée. Cette plaie ne paraît du reste avoir fait éprouver à notre invalide aucune altération sensible consécutive dans le jeu de ses fonctions cérébrales. La vue de l'œil droit et l'ouïe du même côté, qui avaient été d'abord très-affaiblies, se sont successivement et complétement rétablies. La seule incommodité pénible qui ait persisté, consiste dans un bruissement continuel, évidemment produit par le passage des rayons sonores dans le cer-

veau, à travers cette cicatrice mince et sans doute membraneuse; car lorsqu'elle est fermée avec un morceau de cuir épais et flexible, tel que du buffle, le bourdonnement cesse. Sa calotte de vermeil, garnie en dedans d'un morceau de laine, produit le même effet; ses oreilles étant bouchées, il annonce entendre par cette blessure les sons qu'on y transmet, et il apprécie les diverses modifications de la voix articulée.

4e *Observation.* — C'est encore un invalide trépané et porteur également d'une calotte de vermeil, qui fait le sujet de cette 4e observation. Il se nomme Antoine Colson, natif de Choisi-aux-Bois, département de la Marne, et âgé de 56 ans. Après avoir servi comme fantassin dans plusieurs corps, pendant les premières années de ce siècle, et avoir assisté aux combats des brillantes campagnes d'Autriche et de Moravie, ce militaire étant passé à l'armée d'Italie, reçut, au combat de Gratz, une balle autrichienne qui lui fractura profondément une grande portion de l'os frontal et du pariétal, du côté gauche, à leur union dans la suture. Cette fracture; accompagnée d'enfoncement de pièces osseuses et de tous les signes d'une forte compression au cerveau, nécessita l'opération du trépan, qui fut pratiquée par le chirurgien-major de l'ambulance française, établie provisoirement dans cette ville. Indépendamment du danger qui précèda l'opération, de violents orages survinrent pendant les premiers jours qui la suivirent : néanmoins ils se calmèrent par degrés, et après six mois de pansements journaliers, ce blessé fut en état d'être dirigé sur la France. A l'époque de sa guérison, survenue une année après, il fut admis à la succursale d'Avignon, d'où il fut évacué ensuite sur l'Hôtel-des-Invalides à Paris.

La cicatrice formée par les téguments est située au-dessous de l'angle antérieur et supérieur de l'os pariétal gauche, recouvrant, dans l'étendue d'un centimètre, la portion correspondante de l'os frontal. Elle est de forme quadrilatère, ayant environ trois centimètres de côté et une excavation de plusieurs millimètres vers le centre, où l'on sent encore un vide et les pulsations des artères du cerveau. Les sons de la parole de ce trépané se transmettent également à l'oreille appliquée sur cette ouverture osseuse, qui, comme on le conçoit très-bien, n'est pas encore entièrement fermée. Je pense que la calotte métallique, dont il a fait un usage prématuré et non interrompu, a retardé cette obturation.

Cet invalide nous a déclaré, comme les précédents, qu'il était péniblement incommodé d'un bruit semblable au roulement de plusieurs voitures un peu éloignées, lorsqu'il n'avait pas sa calotte, ou que sa cicatrice n'était pas hermétiquement fermée par la main ou par tout autre moyen. Il nous a dit aussi, ses oreilles étant bouchées, entendre les mouvements d'une montre que l'un de nos aides les plus distingués, M. X^en Perier (le premier qui ait fait cette remarque), tenait à une courte distance de la cicatrice, sans toucher cependant les cheveux qui la recouvraient. Les fonctions cérébrales du sujet étant rentrées dans leur équilibre primitif, nous avons lieu de croire qu'il n'y a point d'hypertrophie aux os du crâne, ni aucune exubérance osseuse au côté interne de la trépanation. C'est un des cas, assez rares, où le travail d'irritation a cessé de bonne heure dans le système osseux ; du reste cet invalide est d'un caractère doux, peu sensible, et accoutumé à une grande sobriété.

Afin de nous éclairer sur le mécanisme de l'audition qui se fait à des degrés relatifs chez tous les trépanés, lorsque surtout l'ouverture du crâne n'est pas totalement close, nous avons prié notre confrère de l'Institut, M. Savart, d'avoir la complaisance de se rendre à l'Hôtel-des-Invalides pour assister à nos expériences, et se livrer à celles qu'il jugerait convenables. En effet, ce savant s'étant trouvé à notre leçon de clinique, le jeudi 17 octobre 1833, nous avons répété devant lui nos essais sur deux des sujets des observations précitées, Lehmann et Maison dit Deneu; ces essais nous ont donné les résultats que nous avions déja obtenus, c'est-à-dire qu'après avoir bouché exactement les oreilles de chacun de ces invalides, et avoir dirigé immédiatement la voix sur la cicatrice enfoncée du trépan, ils ont répondu à toutes les interpellations. Lorsqu'au contraire on la recouvrait avec du linge ou la paume de la main, ils ne donnaient aucun signe d'audition. Afin de rendre l'expérience plus exacte, nous avons fait faire un tube en bois, poli dans son intérieur, très-mince et évasé à ses deux extrémités, pour pouvoir d'un côté s'adapter à la cicatrice, et de l'autre, recevoir les rayons sonores. A l'aide de cet instrument, la perception des sons par la perforation du crâne nous a paru s'opérer plus distinctement. Ce résultat n'a lieu cependant que dans les cas où les plaies occupent les régions antérieures de la tête, et de manière à ce que les sons puissent se diriger sans obstacles vers le trou auditif interne, car on ne l'observe point dans celles de la région postérieure. Il faut donc par cette raison, même à l'égard des premières, que le spécimen ne soit pas totalement fermé par

une lame osseuse assez épaisse pour pouvoir intercepter les rayons sonores.

Quoi qu'il en soit, ayant acquis la conviction que les anciens blessés dont nous venons de parler, peuvent entendre et entendent réellement par les ouvertures du crâne, nous allons essayer de trouver l'explication d'un tel phénomène. Il est vraisemblable que les vibrations imprimées sur le nerf acoustique par les sons transmis dans la cavité du crâne à travers l'ouverture du trépan, quoique fermée par la cicatrice dermoïde, rencontrent, avant leur entrée dans le trou auditif interne, le tronc de ce nerf, qui ne peut apprécier la nature de ces sons : aussi croyons-nous qu'il est nécessaire qu'ils pénètrent dans le labyrinthe de l'oreille pour y être modifiés. En effet, ne peuvent-ils pas entrer avec ce nerf par l'ouverture qui lui donne passage, de manière que l'organe de l'ouïe, établi dans les cavités labyrinthiques de l'oreille interne, perçoive les sons avec toutes leurs modulations, et les transmette à la conscience de l'individu ? Nous sommes d'autant plus porté à croire à la possibilité de ce fait, que nous avons l'exemple d'un soldat chez lequel le conduit auditif externe de l'oreille droite était hermétiquement bouché par une cicatrice dermoïde qui s'était formée à son entrée, par suite d'un coup de balle reçu aux combats de Paris en 1815. Pendant le traitement de sa blessure qu'il subit au Val-de-Grâce, ce militaire perdit, avec le rebord osseux de ce conduit, plus tard totalement oblitéré, les osselets de la caisse du tambour. (La conque de l'oreille s'était seulement réduite dans ses dimensions et légèrement courbée en avant.) Malgré cette lésion, il entendait aussi

distinctement de ce côté que de l'oreille gauche; ce qui fut vérifié par les membres de la Société philomatique, à laquelle ce soldat fut présenté, dans le cours de l'année 1817 (1).

Maintenant, nous allons rapporter brièvement l'histoire d'une autre plaie de tête, qui a offert quelques phénomènes singuliers, sous le rapport d'une altération aux organes des sens. Le sujet de cette observation est encore un invalide, Boulanger (Nicolas), âgé de 48 ans, l'un des sergents-majors de l'Hôtel, et ancien grenadier du 32ᵉ régiment, dont le cadre appartenait à la fameuse demi-brigade de ce numéro (2). Après avoir fait les campagnes de Prusse et de Pologne, ce grenadier passa en Espagne, et dans l'un des premiers combats que son régiment eut à soutenir contre les *Guerillas*, dans la vieille Castille, il reçut, de l'un de ces cavaliers, à la partie supérieure et latérale gauche du front, un coup de damas qui le renversa sans connaissance, baigné dans son sang. Il fut bientôt transporté par ses compagnons d'armes dans le lieu le plus voisin, où les premiers secours lui furent administrés, et de là on le fit passer à l'hôpital d'une ville occupée par les Français. Ici on pratiqua sur la plaie une forte incision cruciale, à laquelle on fit succéder l'application d'un appareil contentif; la diète et le repos furent prescrits. Mais bientôt, avec les symptômes d'une compression au cerveau, il se déclara un mouvement de fièvre traumatique, des maux

---

(1) Voyez le 1ᵉʳ volume de ma Clinique chirurgicale, p. 373.

(2) Sur le drapeau de laquelle le général en chef Bonaparte avait fait mettre l'inscription suivante : « J'étais tranquille, la 32ᵉ était là. »

de tête violents et un commencement de délire. Néanmoins le premier orage s'étant apaisé, le blessé fut évacué vers les hôpitaux militaires français de Tolède et Valladolid. C'est seulement dans ce dernier hôpital qu'on s'aperçut qu'une grande portion des os frontal et pariétal existait encore dans le fond de la plaie; mais comme la suppuration l'avait entièrement isolée du péricrâne, il fut facile au chirurgien-major d'en faire l'extraction. Cette pièce osseuse, que l'invalide a conservée, a six centimètres dans sa longueur et environ trois centimètres et demi dans sa largeur; elle est composée de deux fragments à peu près d'égale grandeur, et séparés par la suture fronto-pariétale dont les dentelures sont parfaitement conservées : enfin la plaie qui, au dire de ce vétéran, était primitivement large comme la paume de la main, n'ayant point tardé à se cicatriser, il fut évacué d'hôpital en hôpital jusqu'en France, et peu de temps après, admis à l'Hôtel-des-Invalides, où il jouit d'ailleurs d'une parfaite santé, si l'on en excepte cependant l'odorat qu'il a perdu presque en totalité. Bien qu'il se soit écoulé une vingtaine d'années depuis l'époque où Boulanger a reçu sa blessure, il est resté au fond de la cicatrice, qui s'observe au sommet du front, et au côté gauche du point qui est en rapport avec la fontanelle chez les enfants, une portion de cette cicatrice mince et large comme un petit sou, où l'on sent les pulsations des artères du cerveau; ce qui confirme de nouveau notre opinion sur le mode d'occlusion de ces sortes de plaies.

Le phénomène déja cité et le plus remarquable que cette plaie ait offert, est la perte de l'odorat, que nous avons vérifiée par toutes sortes d'essais ou d'expériences. A ce sujet, nous

avons lieu de croire que le coup de sabre qui avait été appliqué perpendiculairement, avec une grande force, sur le sommet du crâne de ce soldat, avait rompu ou tout au moins ébranlé les nerfs pulpeux (très-mous) de l'olfaction, à leur entrée dans la fossette ethmoïdale, ou que le sang qui se sera d'abord épanché vers la base du crâne, aura altéré ces nerfs de manière à les priver graduellement de leur innervation. Cet invalide nous a dit en effet que cette faculté s'est détruite d'une manière progressive chez lui, depuis son entrée à l'hôtel. Du reste, il perçoit également les sons par cette cicatrice, comme tous les autres trépanés (1).

Pour donner une dernière preuve authentique et irrécu-

---

(1) Une pneumonie aiguë, amenée par les derniers froids de l'hiver 1833, a fait périr cet intéressant invalide. Sa nécropsie nous a fait découvrir:

1° L'atrophie complète et la désorganisation des nerfs olfactifs, réduits en filaments ramollis et de couleur jaunâtre;

2° Une excavation jaunâtre au sommet du lobe droit du cerveau, dans le point qui repose sur la bosse mamillaire du frontal (région orbitaire). Cette cavité anfractueuse était tapissée d'une pellicule membraneuse ou d'une sorte de cicatrisation qui porte à croire que cette altération, recouverte à l'extérieur par la continuation de la pie-mère, était le résultat d'un abcès sanguin qui avait eu lieu sans doute à l'instant du coup, et dont les effets s'étaient dissipés graduellement;

3° Une fente transversale de cinq centimètres de longueur sur deux et demi de largeur s'était conservée au centre de la première ouverture du crâne, point dans lequel la dure-mère, qui n'offrait aucune trace d'ossification, adhérait fortement et paraissait se confondre avec le péricrâne. L'on voit que la nature avait fait de grands efforts pour obtenir l'occlusion de cette solution de continuité, car ses bords sont amincis et très-rapprochés dans la moitié externe de son périmètre (côté temporal), tandis que son bord supérieur, plus épais que dans l'état normal, a éprouvé une sorte de rétroversion, que nous attribuons à la présence de l'esquille qui était restée enclavée dans le crâne pendant l'espace de

sable de la vérité de nos assertions sur le mode de soudure ou de cicatrisation des os du crâne, atteints de solutions de continuité avec perte de leur substance, nous allons rapporter le précis d'une observation fort curieuse qui nous a été communiqué par M. le docteur Fremanger, l'un des chirurgiens-majors les plus distingués de l'armée.

M. D***, officier d'artillerie, avait reçu une plaie d'arme blanche à la tête, à l'un des combats de la campagne de Prusse en 1807. C'était un coup de sabre d'un cavalier autrichien, qui fut porté obliquement en *diacopée*, sur la région pariétale droite, d'où était résultée une plaie transversale à la peau et au muscle crotaphite, dans l'étendue d'environ huit centimètres, une coupure à l'os pariétal près de la suture écailleuse, dont un fragment détaché, d'une largeur proportionnée à l'ouverture du crâne, et division de la dure-mère avec lésion au cerveau. Cette blessure qui fut d'abord suivie de la chute du blessé et d'une très-forte hémorrhagie, ne fut pansée que plusieurs heures après le combat. Le chirurgien qui donna les premiers secours, releva le lambeau composé du cuir chevelu, d'une portion du muscle temporal et de la pièce d'os isolée du péricrâne qu'il en détacha; il maintint ensuite ce lambeau appliqué sur l'entaille faite par le sabre, au moyen de quelques bandelettes agglutinatives et d'un bandage contentif. On dissipa les accidents inflammatoires qui s'étaient déja déclarés, à l'aide de saignées et de rafraîchissants. Ayant été ensuite évacué d'hôpital en hôpital jusqu'à Paris, et sa plaie s'étant cicatrisée assez promptement, ce jeune officier, se croyant parfaitement

---

cinq ou six mois (voyez la planche n° 2). Notre honorable collégue, M. Magendie, avait reconnu sur le sujet de cette observation le phénomène de l'audition tel que nous l'avons indiqué.

guéri, rentra avec un grade supérieur dans un nouveau corps d'artillerie, où il servit activement jusqu'en 1817. Mais à cette époque, se trouvant compromis dans une affaire grave (la vente de poudres de l'État), et ne pouvant supporter l'idée du déshonneur attaché au jugement qui le menaçait, il se donna la mort dans sa prison, d'où il fut transporté plusieurs heures après à l'hôpital militaire de Montaigu, succursale du Val-de-Grâce.

M. D*** s'était plaint maintes fois aux chirurgiens (1) du régiment auquel il était attaché, d'un vide qu'il croyait trouver au bord supérieur de sa cicatrice, et des battements ou pulsations qu'il y sentait; enfin, lorsqu'il n'avait pas le soin de côuvrir cette cicatrice à l'aide d'un bandeau de soie noire qu'il portait habituellement, il était incommodé par un bruit sourd continuel, semblable au roulement de plusieurs voitures éloignées. La réponse des médecins avait toujours été qu'il devait attendre que l'ouverture du crâne fût entièrement fermée, ou bien qu'il devait s'assujettir à porter une calotte de cuir bouilli pour protéger la cicatrice. Cet officier n'avait certainement pas perdu de vue cette fenêtre de communication avec le cerveau, car lorsqu'il voulut se suicider, après avoir bien choisi avec le doigt de la main gauche, le vide qu'il avait remarqué au fond de cette cicatrice (ce doigt fut trouvé teint de sang), il imagina d'y porter la pointe d'un couteau à ressort très-acéré, qu'il fit enfoncer tout à coup dans le crâne, en appuyant le manche de l'instrument contre la muraille de sa prison. La pointe de cette lame, qui avait environ cinq pouces de longueur (quinze centimètres), n'ayant rencontré aucun

(1) Nous avons reçu de l'un de ces chirurgiens les renseignements qu'on va lire.

obstacle réel, ne s'arrêta en effet qu'à la base de la cavité encéphalique, sur la petite aile du sphénoïde du même côté, qui s'est trouvée perforée et fracturée. Lorsqu'on le vit pour la première fois après l'accident, ce sujet avait perdu l'usage des sens et la sensibilité animale de toutes les parties du corps. Ayant été transporté dans cet état à l'hospice de Montaigu, l'officier de santé de garde, M. Fremanger, dans la crainte d'accélérer la mort, ne voulut point arracher le couteau du crâne, et laissa expirer cet infortuné dans cette situation; mais il eut le bon esprit de prendre le dessin de cette tête, le couteau dans la plaie, et tel qu'on l'avait trouvé (voyez la planche, n° 3). A l'autopsie du cadavre, qui fut faite douze heures après la mort, le crâne ayant été scié circulairement, sans déplacer le couteau, l'on vit que l'arme avait traversé obliquement, de haut en bas et d'arrière en avant, le centre de l'hémisphère droit du cerveau, y compris le ventricule du même côté et la couche des nerfs optiques.

Ainsi cette blessure, singulière et unique sans doute, nous prouve que le spécimen ou l'ouverture du pariétal n'était pas encore entièrement fermé, bien qu'il y eût plus de dix ans que cet officier eût reçu la première.

Lorsqu'il n'y a point de rétrécissement aux os du crâne, par l'effet de la cicatrisation ou de l'obturation de leurs solutions de continuité avec perte de substance, ou lorsque le vide produit par cette déperdition s'est comblé de manière que la cavité crânienne n'a subi aucune réduction, nous avons dit que les fonctions cérébrales n'éprouvent ou ne peuvent éprouver aucune aberration, et que leur jeu peut se conserver dans toute sa perfection. Nous avons vu, en effet, plusieurs de nos guerriers n'avoir nullement été incommodés dans le cours de leur vie plus ou moins prolongée,

sous le rapport de l'exercice de ces fonctions, quoiqu'ils aient reçu des blessures graves à la tête, avec perte de substance aux parois osseuses du crâne, telles que des coups de sabre. Cela dépend sans doute des effets différents du mode de cicatrisation des plaies de ces os, ou de leur mode d'occlusion. Parmi les nombreuses ouvertures que nous avons déja eu l'occasion de faire des corps des invalides qui ont succombé par suite de maladie ou des effets de la décrépitude, nous avons rencontré sur le crâne du nommé Taboul (Charles-Joseph), âgé de 55 ans, caporal, ayant une portion du pariétal droit emportée par un coup de sabre reçu en 1809, une fente de deux centimètres de longueur et d'un millimètre de largeur, laquelle s'était conservée dans le centre de cette blessure. Et cependant ce sujet, qui avait constamment rempli les fonctions de caporal à l'Hôtel, n'a jamais éprouvé ni maux de tête, ni la moindre aberration dans ses facultés; aussi les dimensions et la forme du crâne s'étaient-elles conservées dans leur état normal. Il faut convenir néanmoins que de tels résultats dans les plaies de cette boîte osseuse avec perte de substance, sont bien rares. Cette terminaison heureuse est due sans doute à la perfection des premiers pansements, ainsi qu'à la bonne constitution de l'individu. Le plus ordinairement, comme nous l'avons vu chez les sujets des observations précitées, et chez plusieurs autres dont il sera encore question, ces plaies sont suivies d'un rétrécissement dans la cavité crânienne, dépendant d'une irritation traumatique établie dans l'un des points de ses parois, de l'ossification prématurée des sutures, ou de l'hypertrophie partielle ou générale des os qui forment ces parois, d'où résulte nécessairement une altération relative dans les fonctions du cerveau.

Dans le cas d'une exubérance interne, déterminée par une plaie de tête ou par la présence d'un corps étranger dans quelques points de son épaisseur, indépendamment des céphalées habituelles ou des douleurs traumatiques qu'éprouvent ces blessés, les fonctions cérébrales sont altérées et le moral du sujet est dérangé à des degrés variables. Ainsi, pour étayer nos principes sur les effets de la présence des corps étrangers dans l'épaisseur des os du crâne, en produisant une exubérance intérieure et une compression proportionnée sur le point correspondant du cerveau, nous avons rapporté dans notre Clinique chirurgicale, tome 1er, l'histoire de l'un des blessés de Waterloo, ancien grenadier de la garde impériale, nommé Manez, qui en fournit un exemple remarquable (voyez sa gravure dans ledit ouvrage).

Ce digne soldat de Napoléon avait reçu des mains des Anglais, à cette désastreuse bataille, une balle de fort calibre qui le frappa au côté gauche du front, sur le trajet de la ligne courbe de la région temporale. Ce projectile, après avoir produit tous les orages qui accompagnent ordinairement ces sortes de plaies d'armes à feu, pénétrant dans le crâne, s'était enclavé dans l'épaisseur de l'os frontal, en fracturant sa table interne, mais sans déplacement des esquilles. Cependant il en résulta une exubérance inégale ou anfractueuse qui perçait la dure-mère et blessait le point subjacent du lobe cérébral. Cette compression fut suivie d'hémiplégie du côté droit, de faiblesse notable aux fonctions sensitives et d'aberration aux facultés intellectuelles. Il n'avait néanmoins jamais éprouvé de vives douleurs dans le fond de la plaie : ce qui prouve, ainsi que nous l'avons fait remarquer plusieurs fois, que le cerveau lui-même est insensible. Aussi les accidents primitifs étant dissipés, ce

militaire reprit son service dans l'un des corps d'infanterie de la garde, où il remplit les fonctions de sous-officier jusqu'à l'époque de sa mort, causée par une phthisie pulmonaire. Mais il ne cessa d'être incommodé par un serrement de tête, une mélancolie profonde et le désir continuel de mourir. Il avait souvent des vertiges, quelquefois des mouvements convulsifs, et fut toujours privé du calcul et de la mémoire des noms propres et autres noms peu usités dans la conversation ordinaire. Indépendamment de la plaie extérieure où s'observait le projectile, nous avons trouvé dans la cavité du crâne, les éclats qui étaient résultés de la fracture de la table vitrée, soudés entre eux et avec le pourtour de l'ouverture orbiculaire produite par la balle, faisant avec ces esquilles une saillie de trois ou quatre millimètres. Cette exubérance traversait la dure-mère, qui était exempte de toute ossification, et s'enfonçait dans une circonvolution du cerveau que nous trouvâmes excavée dans une étendue proportionnée. Il est bien évident ici que la présence de ce projectile, dans l'épaisseur des os du crâne, a dû nécessairement entretenir dans leur tissu une irritation profonde et non interrompue, qui a par conséquent fait accélérer le travail de l'ossification des sutures qu'on a trouvées complétement effacées, et déterminé une augmentation d'épaisseur dans tous les os de la voûte crânienne, ce qui avait contribué au rétrécissement de sa cavité.

Les mêmes phénomènes ont été observés chez beaucoup de personnes frappées du même genre de mélancolie; tels ont été les célèbres Monge, Fourcroy, lord Byron, etc. Nous récapitulerons les faits observés dans la nécropsie de ces grands hommes, lorsque nous aurons terminé les observations relatives aux plaies de tête.

Le sujet de la suivante nous paraît devoir concourir à faire préciser les points du cerveau où siége l'organe qui préside au calcul et à la mémoire locale. Défarget (Nicolas), âgé de 61 ans, était à l'Hôtel depuis longues années. Il y avait été conduit par une épilepsie idiopathique et des blessures à la tête, reçues dans l'une des batailles sanglantes que nous avons essuyées pendant la campagne de Saxe, en 1813. Les cicatrices de ces blessures s'observaient encore sur plusieurs points de la surface du crâne, et notamment sur les deux côtés du front. Cet invalide fut trouvé mort, dans le mois de février 1833, sous les arbres de l'esplanade de l'Hôtel.

Avant de rendre compte de la nécropsie de ce sujet, il nous paraît utile de faire connaître ce qui s'était passé chez lui de son vivant. D'après les renseignements qui nous ont été donnés par plusieurs de ses compagnons, et surtout par son sergent, homme très-intelligent, nous avons appris que Défarget se plaignait sans cesse de maux de tête, et qu'il la comprimait à chaque instant avec sa main pour se soulager. Il était toujours triste et morose; il tombait assez fréquemment sur son siége, perdait connaissance, et éprouvait de légers mouvements convulsifs et des contorsions dans les membres: revenu de ces accès épileptiformes, il ne se rappelait nullement ce qui s'était passé chez lui, et recherchait promptement le grand air et la fraîcheur. Il ne pouvait rester un seul instant dans les salles chauffées par des poêles sans être menacé de syncope. Lorsqu'il avait fait une course en ville, même en plein jour, il ne retrouvait plus son chemin pour revenir à l'Hôtel, il entrait souvent dans les maisons du faubourg Saint-Germain, qu'il trouvait sur ses pas, croyant entrer dans sa résidence habituelle. Enfin, des personnes chari-

tables étaient presque toujours obligées de le ramener à l'Hôtel. A la perte de la mémoire des lieux se joignait celle des noms propres, car souvent cet invalide avait peine à se rappeler le sien.

Autopsie. Après avoir scié le crâne circulairement, nous éprouvâmes une grande difficulté à le détacher de la dure-mère, qui adhérait fortement à toute sa surface interne par un réseau de vaisseaux et de fibrilles pénétrant profondément dans son épaisseur : aussi voit-on sur toute l'étendue de la face intérieure de cette calotte osseuse, une suite presque non interrompue de pores plus ou moins évasés et plus ou moins profonds, offrant ensemble l'aspect d'une carie superficielle. Toutes les sutures étaient entièrement effacées et l'on distinguait à peine les sillons tracés par les artères méningées. Les os, qui n'offraient aucune transparence, avaient acquis au moins une épaisseur double de celle qu'ils présentent dans l'état naturel. Enfin, la tête de cet invalide ayant été préparée, desséchée et pesée, nous a donné un quart en sus du poids que fournit une tête du même volume ou de la même grosseur chez un homme sain. Cette hypertrophie se faisait plus particulièrement remarquer sur les côtés des fosses frontales, où l'on apercevait deux exubérances ovalaires d'environ deux millimètres de saillie, un peu plus prononcées au côté droit, tandis que les bosses du même nom étaient remplacées extérieurement par une dépression proportionnée. La dure-mère, parsemée d'un grand nombre de grosses veines et d'un tissu villeux répandu sur toute sa surface, était aussi plus épaisse qu'on ne l'observe dans son état normal. Les sinus étaient très-dilatés et pleins d'un sang noir coagulé; les

vaisseaux de la pie-mère étaient injectés; mais nous fûmes surtout surpris (l'examen du crâne n'ayant été fait qu'après celui du cerveau) de trouver une dépression ovalaire assez profonde sur les deux côtés des lobes antérieurs de cet organe, principalement sur le droit. Les ventricules contenaient une assez grande quantité de sérosité rougeâtre qui s'étendait jusque dans le canal vertébral. Nous avons découvert également, sur la surface extérieure de la voûte crânienne, plusieurs autres dépressions de différentes formes, qui répondaient à autant de cicatrices que nous avions aperçues sur la peau du front et le cuir chevelu; résultat sans doute de coups de sabre que ce militaire avait reçus aux combats, car il avait servi dans la cavalerie.

L'un des faits les plus curieux, sous le rapport de cette aberration de la mémoire des lieux, nous a été fourni par un de nos anciens élèves, M. Juville, chirurgien aide-major dans le corps des fusiliers de la garde impériale. Ce jeune officier de santé, portant des secours au général Roussel, chef d'état-major de cette garde, qui fut atteint d'une blessure mortelle à la tête, au combat de Heilsberg (campagne de 1807), causée par un éclat d'obus, reçut lui-même un nouvel éclat du même projectile, à la partie supérieure et mitoyenne de la tempe droite. Il en résulta une plaie transversale, contuse et déchirée, d'environ six centimètres d'étendue, avec fracture de la portion écailleuse de l'os temporal près de l'angle antérieur du pariétal, mais sans déplacement des fragments osseux. Seulement une esquille de la largeur d'un centime, isolée du péricrâne, fut extraite, et comme elle laissait une issue libre aux fluides épanchés dans le

crâne, on se borna, après avoir débridé cette plaie, à un pansement simple que nous fîmes nous-même sur le champ de bataille. Nous fîmes ensuite porter ce blessé avec le général Roussel, à notre ambulance, établie dans un camp de baraques, que les Russes avaient abandonné, et où le général expira peu de moments après. M. Juville fut évacué avec les autres blessés sur les hôpitaux de troisième ligne, et successivement en France. Les accidents primitifs, chez notre jeune chirurgien, se dissipèrent promptement sous l'influence d'une médication rationnelle, et la plaie se cicatrisa, après avoir parcouru sans obstacles les périodes de la suppuration et de la détersion. Enfin, le blessé revint à Paris, après quelques mois de convalescence, dans un état tout au moins apparent de santé parfaite.

Décoré de la Légion d'Honneur, et promu au grade de chirurgien-major, il se maria une année après sa blessure. Dès ce moment nous le perdîmes de vue; mais tout annonce qu'il n'éprouvait alors aucune indisposition sensible; il fit même plusieurs campagnes depuis cette époque, y compris celle de Russie en 1812. C'est au retour de cette dernière campagne qu'il commença à éprouver, à des époques plus ou moins rapprochées, des vertiges, des étourdissements et une sorte de sensation constrictive sur la tête, qu'il ne pouvait exprimer. Comme il fréquentait notre ami M. Ribes, ce médecin, avec lequel il s'était lié d'amitié, put l'observer pendant la dernière période de sa vie. En effet, le docteur Ribes raconte que M. Juville paraissait jouir de l'intégrité de ses facultés intellectuelles, mais que ses jambes étaient chancelantes, et que ses organes locomoteurs n'exécutaient pas avec précision les mouvements déterminés par la volonté

du sujet, à tel point que voulant se diriger en ligne droite, vers un but quelconque, il s'inclinait malgré lui du côté gauche, et que cette déclivité était d'autant plus grande, qu'il s'éloignait davantage du lieu de son départ. Ainsi, voulait-il entrer dans un appartement, sa main se portait ou tombait, malgré sa volonté, plus ou moins loin, à la gauche de la clef de la porte, et il était obligé de la ramener avec force vers le point d'abord indiqué. Voulait-il moucher une bougie, la mouchette passait à gauche du faisceau de la lumière, etc. Notre collaborateur ne cessait d'interroger son ami, le docteur Ribes, sur l'origine de ce singulier phénomène. Quelle pouvait être en effet la cause de cette aberration dans la précision des mouvements qui résultaient dans ce cas de l'action des puissances motrices? Dépendait-elle d'une lésion physique dans l'organe visuel? M. Ribes nous a dit qu'il n'avait rien observé de défectueux dans les yeux de son jeune ami. Était-ce une compression partielle et graduée qui s'était faite par l'exubérance de la soudure intérieure des os fracturés, ou par la saillie que nous avons déja remarquée chez d'autres individus, laquelle portait ses effets sur l'organe qui préside à cette mémoire des lieux, du calcul ou des noms peu usités? Il est d'ailleurs impossible de rien préciser actuellement sur la situation respective des organes particuliers de notre intellect. Quoi qu'il en soit, cette affection devint de plus en plus pénible; la mémoire de Juville se perdit progressivement, et il mourut peu de temps après dans un état de congestion apoplectique. Les parents s'étant opposés à sa nécropsie, on n'a pu voir ce qui s'était passé dans la tête de ce jeune médecin; mais tout prouve que les affections observées du vivant et à la mort du sujet,

reconnaissaient pour cause première la blessure dont nous avons parlé.

Si l'on récapitulait maintenant tous les faits relatifs à cette aberration particulière de nos facultés, c'est-à-dire à la perte de la mémoire locale et du calcul, on verrait que chez tous les sujets qui les ont fournis, il y a eu constamment une lésion quelconque sur les points latéraux des lobes antérieurs du cerveau, précisément sur les circonvolutions qui produisent les protubérances qu'on remarque à ces régions. Nous pensons qu'avec ces faits, de nouvelles recherches pourront peut-être un jour nous faire découvrir le siége positif de ces facultés.

A l'occasion de quelques-unes de nos observations, nous ferons quelques réflexions sur le siége de la mélancolie.

Ce que nous avons dit sur la nostalgie (1), peut être consciencieusement appliqué à la mélancolie : c'est une maladie du même genre et dont le siége primitif (quoi qu'en disent les auteurs) est dans la tête, ainsi que nous l'avons énoncé dans notre Mémoire sur la première affection. Si l'on y porte une scrupuleuse attention, on verra en effet que la mélancolie est constamment précédée de symptômes qui ne laissent aucun doute sur cette origine et sur son siége. En général on peut dire qu'elle s'empare presque toujours des personnes qui se livrent sans modération aux travaux de l'esprit, et qui font usage en même temps avec excès de liqueurs alcooliques ou de très-fort café; ou bien elle peut être le résultat de blessures à la tête, quand surtout ceux qui les ont reçues

---

(1) Voyez notre Mémoire sur cette maladie, au tome 1er de notre Clinique chirurgicale (année 1829).

passent tout à coup de grands emplois, tels que ceux de maréchal ou d'officier général, au rang de simples citoyens. Ainsi, on pourrait distinguer cette maladie en deux espèces, l'une spontanée, l'autre traumatique.

Si dans l'autopsie des corps des personnes qui meurent dans la mélancolie, on a trouvé les organes de la vie intérieure lésés, ces altérations s'étaient développées bien certainement sous l'influence d'autres causes concomitantes, ou étaient l'effet consécutif des lésions primitives de l'encéphale. Nous n'hésitons donc point à établir le siége de la mélancolie dans le cerveau ou dans ses annexes, comme pour la nostalgie. Nous avons effectivement toujours rencontré dans la tête d'un grand nombre de sujets suicidés, dont nous avons eu l'occasion de faire la nécropsie, principalement à l'Hôtel-des-Invalides, où les accidents de suicide ont été assez fréquents, et par les motifs que nous avons indiqués au tome 4 de notre Clinique chirurgicale, nous avons, disons-nous, constamment trouvé des lésions au crâne, aux méninges et au cerveau lui-même.

Avant de rendre compte du résultat de nos recherches sur les invalides, nous récapitulerons succinctement les remarques que nous avons déja faites dans l'ouvrage cité, sur les effets de la mélancolie chez plusieurs hommes célèbres. Nous commencerons par l'un des plus grands poètes du siècle (lord Byron), lequel a déclaré dans ses chants, que jeune encore il avait les cheveux gris, et qu'il désirait mourir avant d'avoir atteint la vieillesse.

Tout le monde a su par les journaux du temps, que ce lord, dévoré par une philanthropie ardente, s'était transporté en Grèce pour favoriser de tous ses moyens l'insurrection

des Hellènes. Les influences de ce nouveau climat et les vicissitudes qu'il éprouva en y arrivant, déterminèrent bientôt chez lui une fièvre cérébrale, qui le fit périr d'autant plus vite, qu'il se refusa à se laisser faire aucune émission sanguine; et cependant il avait à peine atteint son septième lustre. Nous allons transcrire ici l'extrait d'une lettre qui fut écrite sur le lieu même, par le médecin anglais qui avait fait sa nécropsie. Cette lettre nous a été communiquée par M. le baron de Puymorin, alors membre de la Chambre des députés. 1° Le crâne était sans sutures et sans diploé; il ressemblait à celui d'un vieillard de 90 ans, et l'on aurait pu croire qu'il ne faisait qu'un seul os; 2° la dure-mère était fortement adhérente à la surface intérieure du crâne; les vaisseaux de cette membrane étaient injectés et très-distendus; 3° ceux de communication entre cette même membrane et la pie-mère étaient remplis de gaz et de sérosité; 4° les substances du cerveau étaient traversées par des vaisseaux nombreux, pleins de sang noir : la moelle épinière en contenait aussi beaucoup; 5° la substance médullaire s'étendait au-delà des limites ordinaires dans la substance grise ou corticale, beaucoup plus mince dans les mêmes proportions; 6° les circonvolutions du cerveau paraissaient plus multipliées, et les sillons qui les séparaient étaient très-profonds; 7° la masse totale de l'encéphale jusqu'à la moelle épinière exclusivement, débarrassée de ses membranes, a pesé environ six livres poids de marc. Le reste de l'autopsie du corps de ce poète n'a rien offert de particulier, si ce n'est un peu d'hypertrophie au cœur, et une sorte de congestion stercorale sèche dans le gros intestin, ce qui suppose une constipation opiniâtre, à laquelle on dit en effet que ce lord avait été sujet toute sa vie.

Chez le célèbre Fourcroy, mort prématurément des effets d'un profond chagrin et d'une mélancolie évidente, on a observé, à l'ouverture de son corps, des phénomènes analogues. Chez notre illustre compagnon d'Égypte et honorable ami, Gaspard Monge, dont la mort fut précédée d'une mélancolie noire et d'un ennui insupportable, les artères cérébrales furent trouvées ossifiées. Ce respectable vieillard, qui m'avait honoré de sa visite peu de jours avant l'invasion de la maladie qui le fit périr, versait des larmes de tristesse et du regret d'avoir été privé de ses principaux amis. Il avait été surtout très-sensible à son exclusion de l'Institut.

Nous terminerons l'exposé des faits qui prouvent que la mélancolie, ainsi que la nostalgie, l'épilepsie idiopathique et tous les genres de vésanies, ont leur siége dans le cerveau ou dans ses annexes, y compris les os du crâne, par le récit de ce qui s'est passé sous nos yeux, sur la personne de l'un de nos invalides, nommé J*** (Pierre), âgé de 40 ans non encore accomplis.

Vers le milieu de mai 1833, cet invalide fut trouvé par des paysans, étendu mort sur un champ éloigné de la plaine de Grenelle. Ses habits étaient teints de sang, et l'on découvrit à son côté gauche une large blessure, qui pénétrait profondément dans la poitrine. Près de ce corps était un couteau de boucher à deux tranchants, dont la lame, longue de dix-huit à vingt centimètres, était ensanglantée dans le tiers de son étendue. L'enquête du commissaire de police du quartier, les renseignements qu'on a pu recueillir sur la vie privée de cet invalide, et l'autopsie du cadavre, nous ont prouvé que cette mort était le résultat d'un vrai suicide. Cet homme avait servi quelques années dans les dragons de la

garde royale, et avait fait, avec une partie de ce corps, la campagne d'Espagne de l'année 1823; c'est dans l'un des combats que l'armée française eut à essuyer dans cette courte campagne, que notre dragon reçut plusieurs coups de sabre à la tête et à la main droite, avec perte des deux derniers doigts de cette main. Les infirmités qui étaient résultées de ces blessures graves, le firent juger incapable de continuer le service militaire et le mirent dans le cas de solliciter sa retraite : il fut d'abord envoyé en convalescence dans son pays natal (La Bruyère, département de la Côte-d'Or), où il remplit très-imparfaitement son premier métier de laboureur; mais son état maladif le força bientôt à revenir à son régiment; il fut ensuite envoyé à l'Hôtel des Invalides, où il entra dans les premiers jours de juin 1825. Depuis cette époque, il n'a cessé de se plaindre de maux de tête et d'une grande gêne dans les fonctions pulmonaires; affections pour lesquelles il était passé plusieurs fois à l'infirmerie (salle des fiévreux). D'après le rapport de ses camarades, il ne se faisait remarquer que par son isolement et par une tristesse extrême. Quoique jeune encore, il était inaccessible à tout sujet de distraction, il recherchait la solitude et n'a jamais pu sympathiser avec aucun des soldats de sa division. En vain ceux-ci, gais et généreux, comme tous les anciens militaires, faisaient tous leurs efforts pour le distraire et le réjouir; cet infortuné les quittait brusquement et exprimait souvent, avec l'accent de la douleur et les larmes aux yeux, le désir de terminer sa carrière. Du reste, il était sobre, parfaitement rangé dans son intérieur, d'un caractère doux et paisible. Enfin, après avoir séjourné quelques semaines à l'infirmerie, pour ses maux de tête et de poitrine, se tenant encore plus

isolé que de coutume, il emprunta de l'un des garçons de la cuisine, le couteau que nous avons désigné et s'enfuit au fond de la plaine de Grenelle, dans un champ de blé, où il mit fin à ses jours.

Nous fîmes procéder, en présence du commissaire de police, à l'autopsie du cadavre qu'on avait transporté à l'amphithéâtre de l'Hôtel; l'extérieur de ce corps n'offrit aucune trace de contusion ni la moindre ecchymose, mais on découvrit immédiatement au côté gauche du thorax, et sur le trajet de l'intervalle de la sixième à la septième côte, une large et profonde plaie, dirigée obliquement en bas et en arrière. Il était facile de juger que cette blessure avait été produite par un instrument piquant et tranchant; ce qui fut confirmé par l'aspect du couteau qu'on nous présenta au même instant. L'ouverture de la poitrine nous fit voir que cet instrument avait coupé, dans l'étendue d'environ quatre centimètres, les muscles intercostaux, effleuré le côté droit du péricarde, la base du cœur, et traversé le poumon correspondant jusqu'à l'artère aorte, qui avait été percée par la pointe du couteau; ce qui avait déterminé immédiatement une hémorrhagie intérieure mortelle.

L'ouverture du crâne, que nous avons faite avec une grande attention, nous a offert la dure-mère fortement injectée dans toute son étendue, et recouverte, vers le sinus longitudinal supérieur, de granulations jaunâtres, signes d'une inflammation chronique de cette membrane. Les vaisseaux de la pie-mère étaient également gorgés de sang noir, et le cerveau était dense et ferme dans toute l'épaisseur des deux hémisphères. Ses ventricules étaient pleins de sérosité limpide : les corps striés et les couches des nerfs optiques étaient

ramollis. Les sutures du crâne étaient déja entièrement effacées, et les os de cette boîte osseuse hypertrophiés, ce qui lui donnait un poids double de sa pesanteur ordinaire; aussi les dimensions de sa cavité étaient-elles réduites dans les mêmes proportions, et, par cette réduction ou par cette concentration, toute la périphérie du cerveau avait dû éprouver, pendant la vie du sujet, une compression relative, qui, bien que graduée et uniforme, n'en avait pas moins porté atteinte à l'intégrité des fonctions de cet organe. L'on peut certes rapporter avec raison, à ce rétrécissement anormal du crâne, la cause essentielle de la mélancolie de Jacqueron; comme la réduction de cette boîte osseuse, ainsi que l'ossification prématurée de ses sutures, peuvent être attribuées à l'irritation qu'avaient fait naître, dans les tissus de tous les os de la tête, les blessures nombreuses que ce militaire avait reçues à sa surface; on a effectivement trouvé dans le cuir chevelu des cicatrices de différentes formes et grandeurs, qui étaient en rapport avec des anfractuosités et des bosselures existant sur le crâne de ce sujet.

PLAIES DES OREILLES.

Le hasard nous a fait découvrir plusieurs invalides auxquels nous avions réuni par la suture, soit à l'armée, soit à l'hôpital militaire du Gros-Caillou, des plaies d'armes blanches aux oreilles, avec une division plus ou moins étendue de leur pavillon. Chez tous, nous avons remarqué (ainsi que nous l'avons dit dans notre Clinique chirurgicale) que la réunion de ces plaies, quelque graves qu'elles soient en appa-

rence, se fait avec une extrême facilité, cette partie de l'oreille étant pourvue d'un nombre considérable de vaisseaux artériels qui ont une grande tendance à s'anastomoser ou à contracter une adhésion mutuelle. La substance cartilagineuse elle-même s'identifie aisément avec la cicatrice, et celle-ci s'opère de façon à se mettre en harmonie avec les sinuosités de la conque, qui tendent aussi à se rétablir dans leur direction et leur forme primitives.

Nous avons vu les ressources que la nature avait fait développer chez l'un des sujets cités à l'occasion des plaies de tête, pour lui conserver l'intégrité de l'audition, bien que la portion principale de l'oreille externe, et la totalité du conduit auditif, jusqu'à la caisse du tambour, eussent été détruites par la cause vulnérante. A l'appui de nos assertions sur le résultat heureux de ces sutures, lorsque surtout elles sont faites en temps opportun et avec méthode, nous allons encore rapporter une dernière observation, recueillie sur un invalide nommé Louis Gaspard, âgé de 46 ans, décoré de juillet. Dans l'une de ses promenades, cet invalide ayant été renversé par un cabriolet qui marchait rapidement, la roue de la voiture, après avoir passé sur son épaule gauche, lui arracha la presque totalité de l'oreille de ce côté, que nous trouvâmes, à son entrée à l'infirmerie, renversée sur la joue. Comme elle ne tenait que par un très-petit pédicule au pourtour du trou auditif et à la base du lobule, qu'elle était froide et de couleur violacée, tout semblait indiquer l'utilité de la résection totale, que le chirurgien de garde avait crue en effet indispensable. Cependant nous voulûmes essayer de la conserver; en conséquence nous rafraîchîmes les bords déchirés du pavillon de cette oreille et des téguments de la tête, afin de pouvoir

les affronter exactement et assurer le succès de la suture. Douze points furent pratiqués dans toute la longueur de la division, opération difficile et pénible, parce qu'il fallut faire labourer les aiguilles au loin, pour que les points de suture fussent solides. Un bourdonnet serré fut placé dans le conduit auditif, et toute la région blessée couverte d'un linge fenêtré enduit de baume du Pérou. Enfin, les sillons de la conque de l'oreille et sa gouttière postérieure ayant été garnis de charpie mollette, le pansement fut terminé par un appareil approprié qu'on respecta jusqu'au neuvième jour. A cette époque, après l'avoir levé, avec les plus grandes précautions, nous remplaçâmes quelques points de suture qui avaient manqué, et nous arrivâmes graduellement à obtenir, avec la cicatrisation parfaite de la plaie, l'intégrité de l'organe de l'audition.

MALADIE DES YEUX.

Nous avons également porté notre attention sur les effets consécutifs de l'ophthalmie d'Égypte et sur ceux qui sont résultés, chez plusieurs militaires invalides, de l'opération de la cataracte pratiquée, soit par la méthode de l'extraction, soit par celle de l'abaissement.

La majeure partie des soldats qui ont perdu la vue dans l'immortelle expédition d'Égypte, ont eu le globe de l'œil atrophié, ou entièrement détruit par la rupture brusque et spontanée de la cornée transparente, que déterminait dans ce climat l'ophthalmie, lorsqu'elle était intense; cet effet

était produit souvent dans les premières heures de l'invasion. En général, néanmoins, ils ont été exempts de tout accident consécutif, et, à une santé ordinairement forte et robuste, les intéressantes victimes de cette maladie endémique joignent une gaîté constante et inexplicable. Mais des phénomènes dignes de remarque, et que nous avons déja signalés dans d'autres articles de nos Mémoires, se sont offerts à nos yeux : ce sont le rétrécissement ou la réduction des cavités orbitaires, l'affaissement des arcades sourcilières et des pommettes, et par la même raison aussi l'aplatissement des bosses mamillaires dans les fosses antérieures de la cavité du crâne; par conséquent l'agrandissement de ces fosses et un développement proportionné dans les lobes cérébraux. Nous avons remarqué encore, en faisant l'ouverture du corps de plusieurs de ces aveugles, que les nerfs optiques étaient également atrophiés dans toute leur étendue et au-delà de leur entre-croisement, et que les tubercules quadrijumeaux eux-mêmes étaient réduits de leur volume normal, tandis que les lobes antérieurs de l'encéphale étaient plus saillants ou plus gros que dans l'état ordinaire. Ne pourrait-on point attribuer au développement de cette portion des hémisphères cérébraux, la perfectibilité qui s'établit spontanément dans les organes de l'induction de ces aveugles et dans ceux des sens? C'est une nouvelle étude physiologique à faire : (nous réclamerons à ce sujet les lumières de notre savant confrère Magendie.)

Pour appuyer nos assertions sur la cause de la perfectibilité des sens qui restent à l'aveugle, et celle de l'intellect, nous rappellerons les expériences qui ont été faites par Spallanzani sur les chauve-souris, dans l'intention de con-

naître l'influence que peut exercer tour à tour la perte de la vue ou de l'ouïe sur l'intelligence de ces mammifères volants.

Ainsi, cet illustre naturaliste commença par détruire l'organe de l'ouïe à plusieurs de ces animaux, et bien qu'on eût conservé chez eux celui de la vue parfaitement intact, ces malheureux sourds ne pouvaient éviter les obstacles qu'on leur présentait, et ils se heurtaient de toutes parts, même dans les espaces les plus grands. Ceux au contraire auxquels on avait crevé les yeux et respecté l'appareil auditif, continuaient de diriger leur vol avec la même précision qu'avant l'expérience, et ils évitaient avec une adresse remarquable ce que l'on opposait à leur passage; et cette perspicacité augmentait à mesure que l'animal s'accoutumait à la privation de la vue.

Nous avons des aveugles qui exécutent les choses les plus difficiles avec une précision et une facilité étonnantes.

Parmi eux, nous avons un professeur de mathématiques, qui a perdu la vue au combat naval d'Aboukir, en Égypte, lequel corrige ses écoliers par le seul mouvement ou le bruit que fait le crayon de l'élève sur le tableau.

Chez plusieurs des aveugles de l'Hôtel, dont le globe des yeux s'est conservé dans sa forme et sa grandeur naturelles, les orbites n'ont éprouvé aucune modification dans leurs dimensions, et chez quelques-uns même, la cornée transparente, couverte d'un voile opaque, s'est éclaircie sous l'action d'une légère dissolution aqueuse de nitrate d'argent, et de topiques révulsifs posés aux tempes et à la base du crâne. Nous nous bornerons à en rapporter un seul exemple, qui nous a été fourni par l'invalide *Dejuine*, âgé de 72 ans, ancien cavalier au 21e régiment de dragons, faisant partie de

l'armée d'Égypte. Après avoir essuyé, sans accident, tous les combats et les vicissitudes de cette armée, ce militaire fut surpris à Alexandrie, peu de temps avant son départ pour la France, par une ophthalmie si intense qu'il en resta complétement aveugle, par suite d'un glaucôme qui s'était emparé des deux yeux. Depuis, les cornées transparentes conservèrent des taies ulcéreuses qui couvraient toute la région pupillaire. C'est l'état dans lequel nous le vîmes, lors de son entrée dans les salles de l'infirmerie, à la fin du printemps de 1833. Il y était venu pour trouver quelque soulagement à des douleurs vives lancinantes, qu'il éprouvait à la tête et dans les régions orbitaires. Nous reconnûmes en effet tous les symptômes d'une sur-inflammation oculaire et d'une turgescence cérébrale. Nous commençâmes d'abord par dégorger les vaisseaux de la tête, au moyen d'une forte saignée à la veine jugulaire et de plusieurs séries de ventouses scarifiées, posées aux tempes et à la nuque, auxquelles nous fîmes succéder l'emploi de la glace sur la tête, des pédiluves sinapisés et l'application des révulsifs aux premières régions désignées. Nous prescrivîmes en même temps un régime approprié. A notre grande surprise, après cinq ou six semaines de cette médication, notre Égyptien nous annonça avec une grande joie, avoir vu la lumière du soleil, qui se montrait par l'une des fenêtres située en face de son lit, et il est parvenu, par la continuation des mêmes soins, à pouvoir se conduire seul et sans guide. Les cornées se sont éclaircies, et il y a lieu de croire que cette transparence, encore bornée, s'étendra de plus en plus.

Chez les invalides qui ont perdu la vue par l'effet de la goutte sereine ou la paralysie de l'organe visuel, accident

survenu chez presque tous ces sujets pendant la campagne de Russie, nous avons remarqué que les iris participaient de cette paralysie, que la surface antérieure de cette membrane était décolorée, que l'œil, presque immobile, était réduit de son volume primitif. Ces aveugles sont tristes et éprouvent habituellement des douleurs à l'occiput. A l'ouverture des cadavres de ceux qui ont succombé dans cet état, nous avons trouvé les nerfs optiques flétris, ternes et atrophiés, les tubercules quadri-jumeaux, et même le cervelet, réduits de leur volume ordinaire.

Arrivée à un certain degré de chronicité, cette maladie est incurable. On obtiendrait au contraire de grands et salutaires effets, si elle n'était que commençante, de l'usage des topiques révulsifs, tels que les moxas; de grands succès ont été la suite de cette médication dans notre pratique particulière (voyez l'ouvrage précité.)

Une autre classe d'invalides est aveugle par l'effet de la cataracte cristalline portée à divers degrés; les soldats qui ont fait les premières campagnes du Rhin et de la Hollande, ont principalement fourni cette quatrième classe d'aveugles. Ceux qui perçoivent encore la lumière, et chez lesquels les mouvements des iris ou des pupilles sont restés intacts et dans toute leur activité, lorsque surtout la région opaque du cristallin est traversée ou entourée de stries transparentes, sont susceptibles, contre l'opinion des auteurs et des oculistes, d'une guérison plus ou moins complète par l'emploi des mêmes moyens. Nous comptions, avant d'entrer à l'Hôtel des Invalides, cinq succès de cette nature; nous allons faire mention aujourd'hui de ceux que nous avons obtenus dans le cours de cette année, à l'infirmerie de cet établissement.

Le premier sujet de nos essais et de nos recherches est le nommé Charles Leblanc, âgé de 62 ans, caporal invalide, Belge de naissance. Ce soldat, après avoir fait, avec l'armée française, les campagnes de la Belgique et de la Hollande, où il avait déja éprouvé l'ophthalmie, si commune dans ces climats, passa avec son corps dans d'autres contrées de l'Europe, faisant son service avec une grande difficulté en raison de la faiblesse de sa vue. Enfin, en 1826, il fut frappé de cécité par l'effet d'une double cataracte, qui le fit admettre à une pension de retraite et plus tard à l'Hôtel-des-Invalides. A cette époque il percevait encore la lumière, mais il n'y voyait point assez pour se conduire seul; et cette lucidité disparaissait progressivement. C'est dans cet état qu'il se présenta dans nos salles pour se faire opérer de la cataracte. Après l'avoir attentivement examiné, nous avons reconnu que le cristallin de l'œil droit était recouvert en entier d'un voile opaque, d'un blanc terne, interceptant complétement le passage des rayons lumineux, et qu'un pareil voile, mais festonné dans sa circonférence par de très-petites stries transparentes, recouvrait le cristallin de l'œil gauche. L'invalide percevait encore faiblement de ce côté la lumière vive du soleil ou d'une bougie allumée, mais sans pouvoir apprécier aucune des images placées devant lui. Comme la santé générale de ce sujet était assez bonne, loin de condescendre à son désir, je crus devoir lui annoncer, ainsi qu'aux médecins qui suivent ma clinique, l'espoir que j'avais conçu de lui rétablir la vue sans opération. Dans cette intention, je prescrivis d'abord une saignée à la veine jugulaire, à laquelle je fis succéder, à quelques jours d'intervalle, l'application des ventouses scarifiées, aux tempes et à la base

du crâne; l'usage des bains de jambes sinapisés et des dépuratifs pris intérieurement. Je passai ensuite par degrés à l'emploi du moxa, sur les mêmes régions que les ventouses, et l'influence de ce révulsif fut remarquable, car dès la quatrième application, le malade annonça par un cri au lever du soleil, avoir aperçu l'infirmier qui passait devant lui. En effet, nous vîmes que les stries qui bordaient la cataracte s'étaient élargies; ce qui encouragea le malade et nous engagea nous-même à continuer le traitement avec persévérance. Parvenu au dixième moxa, notre invalide distinguait déja, mais de l'œil gauche seulement, la grandeur, la forme et les principales couleurs des images placées dans sa direction. Néanmoins ces images étaient obscurcies dans leur centre par une ombre circulaire; ainsi le faisceau de la lumière d'une bougie paraissait percé d'une tache noire à son milieu. En effet, le cristallin avait repris sa transparence dans presque toute son étendue. On ne distinguait plus qu'un point opaque occupant le centre de cette lentille. Enfin, sous l'influence d'une dizaine d'autres moxas et de deux exutoires posés derrière les apophyses mastoïdes, la tache lenticulaire a disparu entièrement, en sorte que cet invalide, arrivé au sixième mois de ce traitement, voyait aussi bien qu'avant d'avoir contracté les premières ophthalmies. La cataracte de l'œil droit est restée dans le même état.

Cette cure remarquable, qui s'est réellement opérée sous l'action des révulsifs, prouve évidemment, ainsi que nous l'avons dit ailleurs, que le cristallin participe à la circulation générale comme toutes les autres parties du corps.

Un deuxième militaire, nommé Delaplace, âgé de 69 ans, après avoir fait plusieurs campagnes dans les contrées humi-

des du nord de la France et de la Belgique, fut atteint d'ophthalmies graves qui lui affaiblirent la vue et le conduisirent par degrés à une cécité pour laquelle il fut admis peu de temps après à l'Hôtel-des-Invalides. Cette cécité était également causée par une double cataracte qui avait envahi la totalité du cristallin de l'œil droit, tandis qu'on apercevait encore dans la circonférence du gauche de petites stries irrégulières, à l'aide desquelles l'invalide percevait sans doute la lumière, lorsque le soleil éclairait l'horizon. Les pupilles avaient d'ailleurs conservé leurs mouvements, ce qui me parut le mettre dans une situation tout-à-fait semblable à celle de Leblanc. Comme celui-ci, Delaplace était venu à l'infirmerie pour se faire faire l'opération de la cataracte. Bien qu'elle nous parût indiquée, nous crûmes d'abord et dans son intérêt, devoir mettre en usage le traitement qui nous avait si bien réussi pour son compagnon. A notre agréable surprise nous en obtînmes le même résultat, et le quatrième mois n'était pas encore révolu, que cet invalide distinguait parfaitement de l'œil gauche tous les objets, de manière à pouvoir lire l'écriture un peu grosse sans lunettes. La cataracte de l'œil droit, étant parvenue à un trop haut degré d'intensité, a dû résister à l'action des révulsifs. C'est encore un de ces succès rares, que les médecins étrangers qui suivent nos leçons de clinique ont vu avec intérêt.

Lorsque la cataracte est complète aux deux yeux, que les sujets ne perçoivent plus la lumière, et que la maladie date d'une époque plus ou moins reculée, on ne peut plus en espérer la résolution. Dans ce cas l'opération est indiquée; mais pour qu'elle puisse être suivie du succès désirable, il

faut : 1° que la rétine soit intacte, ce qui est très-difficile à connaître ; cependant on peut présumer que le sujet est en même temps frappé d'amaurose, s'il peut se rappeler avoir perdu tout-à-coup ses facultés visuelles, au lieu de les avoir senti s'affaiblir graduellement, et de manière que les images disparaissent du centre à la circonférence. 2° Dans cette dernière supposition, lorsque les pupilles ont conservé leurs mouvements, que la forme des yeux est dans l'état normal et que la santé du sujet est bonne, quel que soit d'ailleurs son âge, on peut pratiquer avec confiance l'opération. Dans les cas, au contraire, où les mouvements de l'iris sont anéantis, que le globe oculaire est rapetissé et que la santé du malade est mauvaise, il faut s'en abstenir, car elle serait inutile et pourrait devenir nuisible. L'expérience a déja confirmé nos assertions ; mais nous allons rapporter encore un exemple d'insuccès ; ensuite nous ferons quelques réflexions sur les effets de l'opération, selon le procédé d'après lequel on l'a pratiquée.

Le sujet qui nous a fourni cet exemple d'insuccès est M. Morison, âgé de 62 ans, l'un des capitaines de l'Hôtel, d'une constitution maigre, sèche, et dans un état de vieillesse anticipée. Il était atteint depuis quelques années d'une double cataracte, tellement complète, qu'il ne percevait même pas la lumière vive du soleil. Les pupilles étaient rétrécies et n'exécutaient que de très-faibles mouvements. Cependant, comme cet officier désirait ardemment être opéré, nous consentîmes, quoique avec répugnance, à essayer d'abaisser la cataracte par la méthode de Scarpa. Le déplacement se fit avec promptitude et une grande facilité. Le fond de l'œil devint instantanément transparent, et notre officier crut avoir vu la lumière ;

néanmoins et bien que l'opération, pratiquée au mois de décembre 1832, n'ait été suivie d'aucun accident, le malade n'a point recouvré ses facultés visuelles. Il est resté dans son premier état de cécité; mais après sept ou huit mois de repos, nous nous sommes convaincus que le cristallin et sa membrane capsulaire avaient été entièrement absorbés, et que la pupille s'était un peu resserrée. Il est donc bien évident que dans ce cas la rétine était privée de ses propriétés vitales. Quoi qu'il en soit, ce fait, qui n'en est pas moins curieux pour la science, m'a servi à éclairer le diagnostic de cette maladie et à préciser le mode d'opération le plus avantageux.

Un sous-officier invalide, nommé Rousselet, âgé de 71 ans, est entré dans nos salles en octobre 1833, avec une cataracte complète aux deux yeux, réclamant l'opération qu'un oculiste lui avait proposée. Comme cette cataracte ne datait que depuis l'année 1832, que les pupilles avaient conservé leurs mouvements et que la santé du sujet était d'ailleurs très-bonne, nous pratiquâmes avec confiance l'abaissement du cristallin de l'œil gauche. Cette opération fut prompte et ne fut suivie d'aucun accident. Pendant les vingt premiers jours, nous avons privé l'œil du contact de l'air et de la lumière; et cependant à cette époque le malade ne voyait encore rien, pas même la flamme d'une bougie. Mais, vers le trentième jour, nous avons aperçu un cercle transparent sur la région du cristallin, et l'invalide put voir la lumière et la fenêtre qui lui livrait passage. Cette transparence s'est accrue ensuite graduellement, de sorte qu'après cinq ou six semaines de soins et l'usage d'un exutoire établi sur le côté correspondant de la nuque, il appréciait tous les objets volumineux placés devant son œil. Enfin, un mois après, la vue de cet invalide

était si bien rétablie de ce côté, qu'il pouvait lire sans lunettes. La cataracte de l'œil droit est restée dans le même état, comme chez les sujets des observations précitées.

Jean Heydt, âgé de 58 ans, après avoir fait la dernière campagne de Saxe et de France, dans les contrées voisines du Rhin, fut surpris en 1824 d'une double cataracte, qui se développa rapidement et le réduisit à un état de cécité complète en 1826. Ayant été jugé susceptible d'obtenir une solde de retraite, il fut évacué d'hôpital en hôpital jusqu'à son pays natal; et s'étant momentanément arrêté à l'hospice de Lyon, le chirurgien en chef, Jansoul, pratiqua sur l'œil gauche de ce militaire l'opération de la cataracte par abaissement. Après un mois de séjour dans cet hospice, il vit la lumière et il percevait déja, mais comme à travers un voile, les gros objets. En cet état, il se fit évacuer sur sa ville natale (Strasbourg), où était le dépôt de son régiment. Admis enfin à l'Hôtel-des-Invalides, on le fit conduire à Paris; mais comme il était recommandé par un médecin à l'un des chirurgiens en chef de l'hôpital de la Charité, il se rendit d'abord à cet hospice, où ce chirurgien pratiqua sur son œil droit une deuxième opération de cataracte par extraction. Contre l'attente du malade elle n'eut qu'un succès momentané, et il se vit encore une fois privé de la vue. A peine pouvait-il se conduire à la faveur de l'œil gauche, lorsqu'il se rendit à notre Hôtel.

Quelques années après, une nouvelle inflammation s'étant emparée de ses yeux, il fut envoyé en octobre 1833 dans nos salles de chirurgie.

Des émissions sanguines faites, avec les ventouses scarifiées posées aux tempes et à la nuque, de légers évacuants et

quelques révulsifs ayant suffi pour dissiper cette inflammation, nous pûmes juger alors l'état de ses yeux. L'œil gauche, le premier opéré et à l'aide duquel cet invalide pouvait encore se conduire, avait conservé sa forme et sa grosseur normales, tandis que celui du côté droit, dont la vue était entièrement perdue, était sensiblement réduit de volume; sa pupille était considérablement rétrécie, et les vaisseaux de l'iris, comme ceux de la conjonctive, étaient injectés.

Un autre invalide, Dastugue (Augustin), âgé de 35 ans, qui s'est présenté à notre visite, a confirmé toutes nos idées sur les effets de l'opération de la cataracte par l'extraction. Ce soldat, après avoir fait la campagne d'Espagne en 1823, et avoir séjourné plusieurs mois sur les côtes maritimes de ce pays, fut atteint, vers l'année 1826, de tous les symptômes d'une cataracte cristalline, qui se déclara dans les deux yeux en même temps. Bien qu'elle se fût développée graduellement, la cécité fut complète vers la fin de 1828, époque où Dastugue fut admis à la succursale d'Avignon. Ici on essaya vainement l'opération de la cataracte par abaissement; la mobilité extrême des yeux et l'irritabilité du sujet mirent obstacle à son entière exécution, en sorte qu'elle n'eut aucun résultat.

Cet invalide demanda son changement pour Paris; mais avant d'entrer à l'Hôtel, il voulut encore se faire opérer par l'un des chirurgiens en chef, déja mentionné, de l'hospice de la Charité, réputé pour ce genre d'opération. Pratiquée aux deux yeux dans la même séance, l'opération de l'œil gauche fut suivie d'une hémorrhagie assez forte, sans épanchement, et n'eut aucun résultat avantageux. Celle de l'œil droit occasiona immédiatement une pupille artificielle dans le segment

interne de l'iris; c'est-à-dire, que cette membrane ayant été coupée transversalement par le couteau, et les bords de la division s'étant écartés par la contraction des fibres rayonnantes, il en est résulté une fenêtre arrondie qui s'est conservée comme une pupille artificielle, tandis que le bord opposé de l'iris s'est rétracté également et a contracté une adhérence profonde avec un lambeau du chaton du cristallin devenu opaque, en sorte que les rayons lumineux ne parviennent à la rétine, et dans une direction oblique de bas en haut et de dedans en dehors, que par l'ouverture dont nous avons parlé; aussi cet invalide ne peut-il voir qu'une portion des objets qui sont sur le sol et à sa gauche. Les deux yeux sont réduits de volume ou dans un commencement d'atrophie.

Louis Bourlier, invalide, âgé maintenant de 63 ans, étant attaché comme artilleur aux batteries de Vincennes, qui faisaient fréquemment des exercices à feu, reçut au visage, en 1811, dans l'une de ces manœuvres, l'explosion d'une gargousse qui éclata immédiatement sur ses deux yeux. Outre la brûlure de toute la superficie des paupières et de la surface des globes oculaires, il résulta de cet accident, du côté droit, par l'effet d'un iritis intense, l'occlusion complète de la pupille avec épaississement et opacité de l'iris; du côté gauche, rupture de la cornée et évacuation de l'humeur aqueuse, avec procidence du segment antérieur de cette cornée, et altération profonde des autres parties de l'œil, et par conséquent perte de la vision dans les deux yeux. Frappé de cécité, cet artilleur fut admis à l'Hôtel-des-Invalides peu de temps après, et y resta dans cette situation jusqu'en 1829, époque à laquelle un chirurgien oculiste de

Paris, dont il n'a pu nous donner le nom, pratiqua sur l'œil droit une pupille artificielle qui occupe à peu près le centre de l'iris. Elle a une forme ovalaire de haut en bas comme la pupille des chats, et à sa faveur, Bourlier voit la lumière et distingue les principaux objets ainsi que les couleurs. Cette opération, qui a été bien faite, rend un service inappréciable à ce brave invalide. Certes, c'est là une des découvertes importantes dont la chirurgie anglaise puisse s'énorgueillir : elle appartient à Cheselden.

Enfin, pour terminer nos observations sur les effets consécutifs des opérations pratiquées aux yeux pour détruire la cataracte, nous dirons que parmi le grand nombre d'aveugles que nous avons vus dans l'Hôtel-des-Invalides, plusieurs avaient joui de leurs facultés visuelles un certain laps de temps après l'opération ayant pour résultat l'extraction du cristallin, mais que chez tous, le globe des yeux opérés de cette manière se réduisait insensiblement de son volume naturel et finissait par s'atrophier; que cette atrophie, qui est plus ou moins lente à se manifester, selon l'âge des individus, arrive plus promptement chez les personnes avancées en âge que chez les jeunes sujets; enfin, que chez d'autres opérés de la cataracte d'après la même méthode, une inflammation chronique s'empare des membranes internes, que l'œil tombe dans un état de glaucome et que la vue s'anéantit de nouveau. Nous avons plusieurs exemples de cette terminaison.

Que conclure de tous ces faits? 1° Que l'opération de la cataracte par extraction, qui exige d'ailleurs une grande dextérité pour qu'elle ne soit pas immédiatement suivie de l'évacuation de l'humeur vitrée, de la section de l'iris ou

d'un staphylome, accidents graves, a toujours pour résultat l'extraction subite de toute l'humeur aqueuse et du cristallin, parties constituantes de l'œil, qui entretiennent son globe constamment bombé, et ses membranes internes distendues et épanouies, afin que les rayons lumineux puissent transmettre uniformément les images sur la surface concave de la rétine. Cette puissance excentrique venant à manquer, ces tuniques s'affaissent sur elles-mêmes par une sorte de rétractilité organique; le corps hyaloïde étant comprimé circulairement perd sa sphéricité et s'allonge d'arrière en avant, de manière à faire modifier la réfraction des rayons lumineux qui le traversent; et comme le cristallin ne peut se régénérer, il laissera toujours au centre de l'œil un vide nuisible à l'intégrité des fonctions de cet organe. L'humeur aqueuse elle-même est exhalée ensuite, en moindre quantité sans doute, parce que le contact de l'air extérieur qui passe par l'incision faite à la cornée, irrite la surface interne de la membrane de Nemours, ainsi qu'on le voit pour la surface interne de la tunique vaginale, le péritoine, les plèvres et les membranes synoviales. Ces tuniques ne peuvent plus dès lors, ou que très-difficilement, reprendre la ligne courbe, parce que la contraction des tissus les dispose au contraire à suivre une ligne droite. Enfin, la masse totale du globe se rétrécit dans tous les sens, principalement la pupille (1); les fonctions

(1) J'ai vu un officier général, après avoir subi l'opération de la cataracte par extraction et avoir joui faiblement de la vue pendant quelques mois, tomber ensuite dans un état de cécité par l'effet de l'occlusion totale des pupilles et de l'atrophie du globe des yeux.

visuelles s'affaiblissent dans les mêmes proportions, et l'œil finit par s'atrophier, surtout chez les vieillards.

2° La méthode de l'abaissement ne présente pas les mêmes inconvénients. Bien que le cristallin soit extrait de son chaton, il ne reste aucun vide dans l'intérieur de l'œil, attendu que l'humeur aqueuse de la chambre postérieure, déplacée par ce corps lenticulaire, remonte à sa place. D'ailleurs ce fluide ne cesse de se renouveler, les pores exhalants qui le produisent n'ayant pas été irrités par le contact de l'air; car la simple piqûre de l'aiguille de Scarpa, à travers la sclérotique, ne lui en permet pas l'entrée, comme l'incision qu'on pratique dans la cornée transparente avec l'instrument tranchant pour l'extraction du cristallin. Il est même probable que ce corps se dissout d'autant plus promptement dans l'humeur aqueuse, que cette liqueur est absorbée dans les mêmes proportions de sa reproduction; en sorte qu'il ne peut jamais y avoir perte de matière, ni vide réel dans l'intérieur de l'œil, qui conserve par conséquent sa forme et sa grosseur naturelles.

Les rayons lumineux n'éprouvent donc dans ce cas presque aucune aberration, et la vue une fois rétablie peut se conserver pour toujours au même degré d'intégrité.

D'après ces réflexions physiologiques, il est facile de faire le parallèle des deux méthodes et de prononcer sur le mérite de chacune d'elles. L'expérience vient du reste confirmer le jugement qu'on doit porter sur leur efficacité, et certes nous ne balançons point à donner la préférence, dans presque tous les cas et à tout âge, à l'abaissement d'après la méthode de Scarpa; opération simple, facile et exempte des accidents qui accompagnent souvent la première.

A l'occasion des opérations relatives à l'organe de la vue, nous avons également pu observer chez la femme de l'un de nos anciens soldats de la garde impériale, Mme Sellier, les effets consécutifs d'un procédé opératoire que nous avons imaginé et mis en pratique en 1827, non pour guérir la fistule lacrymale complète, avec obturation insurmontable du canal nasal, parce que ce genre de fistule n'est point susceptible d'une guérison radicale, mais bien pour rendre cette maladie supportable et en atténuer les effets de manière que la personne qui en est atteinte n'en soit nullement incommodée.

Ce procédé consiste dans l'emploi d'un clou de corde à boyau, qu'on maintient dans une petite ouverture qu'on a conservée au point déclive d'une incision que l'on a faite primitivement à la paroi externe du sac lacrymal; ce clou sert de conducteur aux larmes qu'on absorbe périodiquement, en les faisant surgir sous la mouche de taffetas qui forme la soupape de ce petit siphon. Il y a sept ans que Mme Sellier fait usage de ce moyen avec un tel succès, qu'elle ne s'aperçoit de son emploi que par le seul besoin qu'elle éprouve d'éponger ses larmes trois ou quatre fois par jour, comme on a généralement besoin de se moucher au moins un égal nombre de fois.

PLAIES DE LA FACE.

Les effets consécutifs des plaies de la face, quelles que soient les causes qui les produisent, nous ont aussi présenté des phénomènes dignes de remarque, qui font vé-

rifier, ce nous semble, les principes que nous avons établis pour expliquer le mode de cicatrisation de ces plaies et l'utilité des préceptes que nous avons tracés pour leur premier pansement.

Ainsi, par exemple, dans les coupures des paupières, lorsqu'on ne réunit point ces solutions de continuité au moyen de la suture pratiquée dans l'épaisseur même des cartilages tarses (contre l'opinion de quelques auteurs qui craignent de piquer ces substances), les bords divisés de ces paupières se renversent ou s'éraillent, et le globe de l'œil reste à découvert; d'où résulte une ophthalmie chronique permanente qui s'accompagne presque toujours de cécité et oblige le patient à tenir son œil constamment fermé. Nous avons en effet plusieurs invalides qui, par suite de plaies d'armes blanches à la paupière inférieure, pour lesquelles on s'était borné à passer l'aiguille dans la portion de la peau qui la forme sans y comprendre le cartilage tarse, sont atteints d'un éraillement de cette paupière aussi nuisible qu'incommode au sujet. Nous nous bornerons à en rapporter un seul exemple qui nous a paru offrir de l'intérêt. Il nous a été fourni par l'un des caporaux invalides nommé Louis Dienne, âgé de 55 ans. Ce militaire, qui escortait avec une compagnie de soldats de la grande armée un convoi de malades, à la retraite de Moscou, fut assailli, à son passage près d'Iéna en Prusse, par un parti de Cosaques. Dans ce combat, ou plutôt dans cette attaque inattendue, Dienne reçut de l'un de ces cavaliers un coup de sabre qui de la tempe gauche s'étendait obliquement jusqu'à l'aile du nez de ce côté. Dans ce trajet, l'arme avait coupé une forte portion du muscle crotaphite, les rameaux de l'artère

temporale, l'angle externe et orbitaire de l'os frontal et les téguments qui le recouvrent. La paupière inférieure vers sa partie moyenne et dans toute son épaisseur, la joue correspondante et l'aile du nez, furent également divisés; par ce choc l'œil fut fortement ébranlé et sa vision anéantie. Cette longue plaie fut réunie immédiatement, et la cicatrice s'en fit assez promptement, à l'exception de la paupière, dont les bords sont restés renversés et séparés comme dans le bec de lièvre. Le globe de l'œil, qui est à découvert dans une grande partie de sa surface, est frappé d'une inflammation chronique; l'iris est dilaté et privé de ses mouvements; une substance qui donne l'aspect d'un flocon de neige, nage dans la chambre antérieure de cet organe et intercepte le passage de la presque totalité des rayons lumineux. Heureusement pour cet invalide, l'œil droit est resté intact.

Bien que cette infirmité date de l'année 1813, nous espérons, en rafraîchissant les bords renversés de cette échancrure, en opérer la réunion. Nous pratiquerons une suture à travers les deux fragments du cartilage tarse, et cette paupière recouvrira ensuite d'autant plus facilement la moitié inférieure du globe de l'œil, que nous ferons précéder cette suture de l'évacuation du liquide nébuleux et flottant qui s'observe dans la chambre antérieure de cet œil, parce qu'alors le globe se réduira de volume par la contraction des tissus et rentrera tout au moins dans son état normal. Si lors de la blessure on eût pratiqué la suture entrecoupée d'après notre méthode, on aurait bien certainement conservé à la paupière sa forme primitive et l'usage de ses fonctions.

Nous avons encore eu l'occasion de faire des réflexions analogues pour les plaies du nez, des joues et des lèvres, que

nous avions pansées sur les champs de bataille. La suture que nous avons pratiquée chez plusieurs de nos invalides, laisse à peine des cicatrices linéaires sur ces parties, dont la conformation primitive n'a été nullement altérée.

Mais une remarque importante qui n'avait point été faite par les praticiens, c'est que toutes les plaies de la face, avec coupure ou fracture aux os de cette région, quelque graves qu'elles soient, se guérissent avec une grande facilité et une rapidité étonnante, surtout chez les jeunes sujets, et lorsque le premier pansement en a été fait d'après les vrais principes de l'art. Nous attribuons ce résultat heureux à la texture particulière des parties dures et molles de la face. Les premières sont presque toutes composées d'un tissu spongieux, élastique, et pénétré par un grand nombre de vaisseaux; ce qui favorise leur soudure réciproque ou leur cicatrisation, qui peut s'opérer, par ce motif, aussi promptement qu'aux parties molles; ces os sont de plus dépourvus d'articulations synoviales et d'appareils fibreux, si nous en exceptons la double articulation amphidiarthrodiale de la mâchoire inférieure, très-reculée vers les tempes : en sorte qu'on n'a point à craindre dans ces cas les accidents graves qui surviennent ordinairement à la suite des fractures dans les portions des os qui concourent à former les articulations des membres.

Les parties molles du visage étant, de leur côté, dépourvues de tissus fibreux ou aponévrotiques, et recevant très-peu de nerfs de la vie intérieure ou du grand sympathique, sont moins disposées à l'inflammation et à l'érétisme. Enfin, outre le grand nombre d'observations que nous avons insérées sur la promptitude de la guérison de ces plaies, dans les mémoires déja publiés, afin de donner une conviction en-

tière de la vérité de nos assertions, et pour faire vérifier par tous les hommes de l'art la métamorphose que les os de la tête, comme ceux de toutes les parties du corps, peuvent éprouver par suite des lésions qui leur portent atteinte, en détruisant une plus ou moins grande partie de leur substance, nous allons rapporter le précis de plusieurs faits recueillis chez nos invalides, et dont les sujets avaient été vus ou pansés par nous dans les combats. Nous joindrons à ces observations les dessins des parties blessées qui mettent en évidence les ressources incompréhensibles de la nature.

Nous commencerons par le récit de ce qui s'est passé chez l'un des combattants de juillet 1830, nommé Juet (Thomas), âgé de 35 ans, natif de Paris. Ce sujet reçut, à la prise de la caserne de Babylone, une balle de calibre ordinaire, qui pénétra obliquement de haut en bas de l'angle interne de l'œil droit dans les fosses nasales, l'arrière-bouche, tomba dans l'œsophage, de là dans l'estomac, et fut évacuée au dehors avec les selles, le troisième jour de la blessure. Dans son passage ce projectile perfora les téguments de la commissure interne des paupières comme avec un emporte-pièce, rompit le tendon de leurs muscles constricteurs, l'artère angulaire et le sac lacrymal, fractura l'apophyse montante de l'os maxillaire à sa jonction à l'os frontal, traversa l'os ethmoïde, sans doute dans toute son épaisseur, jusqu'à la racine de l'apophyse ptérigoïde, ainsi que la pointe du rocher du côté gauche, d'où elle fut réfléchie dans le pharinx et immédiatement avalée. Il est probable, qu'étant dans le plus fort de sa course, cette balle a déterminé un ébranlement considérable aux lobes cérébraux, et peut-être aussi une fracture par contre-

coup de la lame criblée de l'os ethmoïde. Quoi qu'il en soit, ce coup de feu fut immédiatement suivi de la chute et d'une syncope prolongée du blessé, qui fut aussitôt transporté à la Charité. Il y eut d'abord une hémorrhagie abondante et perte de la vue de l'œil droit, de l'odorat et de l'ouïe. Cet invalide n'a pu nous rendre compte du mode de pansement qui fut fait à son arrivée à l'hospice, mais il nous a dit avoir continué, pendant les premières vingt-quatre heures, à perdre du sang par le nez et par la bouche. Néanmoins la suppuration s'établit et fut suivie de la chute des escarres et de plusieurs petits fragments osseux. La plaie se détergea assez vite et la cicatrice se forma immédiatement, en sorte qu'après 5 ou 6 semaines de séjour dans l'hôpital, ce citoyen rentra dans son domicile, d'où il fut envoyé à l'Hôtel-des-Invalides après avoir passé à notre conseil de révision (1).

Depuis son arrivée, cet homme n'avait cessé d'éprouver des céphalalgies, des vertiges et des tintements d'oreilles, et c'est pour ces accidents qu'il fut envoyé dans nos salles vers le mois de septembre 1833.

Une saignée à la veine jugulaire, des ventouses scarifiées posées aux tempes, à la base du crâne et entre les épaules, de la glace sur la tête, des pédiluves sinapisés, un régime délayant et plusieurs moxas appliqués à la base du crâne,

---

(1) Par suite d'un arrêté de la Commission des récompenses nationales, une commission composée de MM. Boyer, Larrey, Dupuytren, Marjollin, Roux et Jobert, fut chargée d'examiner et de prononcer sur les infirmités des citoyens de Paris blessés dans les journées de juillet 1830. Cette commission jugea Juet dans le cas d'être admis à l'Hôtel-des-Invalides.

suffirent pour dissiper entièrement ces symptômes et rétablir l'équilibre dans presque toutes les fonctions du sujet; car il en est qui sont encore altérées. Voici, du reste, quel est actuellement son état : une très-petite cicatrice étoilée et déprimée s'observe au dessus et en dedans de la commissure interne des paupières; celles-ci sont froncées et rapprochées l'une de l'autre, en sorte que l'œil de ce côté, dont la vue est restée faible, ne se découvre qu'à moitié. Juet a presque totalement perdu l'odorat, et l'audition est entièrement abolie à l'oreille gauche, très-affaiblie à la droite. Il paraît qu'il a également perdu la mémoire locale, car il se rappelle difficilement les noms des outils relatifs à son métier de cordonnier, les noms des personnes qu'il connaissait et ceux peu usités des divers objets. Il annonce aussi avoir pour son métier, comme pour tout autre ouvrage, beaucoup moins d'intelligence qu'il croyait en avoir avant sa blessure.

On explique assez la perte ou la lésion profonde des organes des sens que nous avons signalée. L'œil perçoit difficilement les images parce qu'il est dévié vers la tempe et que la membrane iris, très-dilatée, a perdu ses mouvements par la destruction du nerf nasal à son passage dans le trou orbitaire interne. Cet œil ne peut être ramené à la ligne droite, parce que le tendon du muscle grand oblique et sa poulie de renvoi ont été détruits par le projectile. Il n'est pas douteux que les nerfs acoustiques, surtout celui de l'oreille gauche, ont été ébranlés ou peut-être même rompus par le choc de la balle contre la pointe du rocher, et que ceux de l'odorat ont été également désorganisés par le passage de ce corps métallique à travers les anfractuosités de l'ethmoïde. Le sommet des lobes cérébraux a été aussi proba-

blement lésé à l'instant du coup, par la commotion ou la fracture de la lame criblée de cet os; et la nature, pour faire disparaître le vide qui était résulté de sa destruction, a déprimé graduellement les parois osseuses du nez et en a réduit la cavité antérieure. Le tube digestif paraît ne point avoir souffert du passage de la balle dans toutes ses cavités labyrinthiques.

Cette observation curieuse nous semble devoir intéresser les physiologistes, mais elle confirme surtout notre opinion sur la facilité et la promptitude avec lesquelles toutes les plaies de la face se guérissent.

Un deuxième invalide s'est présenté dans mes salles pour une céphalée assez intense, résultat d'une chute, à laquelle nous avons remédié par une saignée à la veine jugulaire et les boissons rafraîchissantes. Cet invalide, âgé de 61 ans, avait reçu, dans l'un des combats que l'armée française essuya à Saint-Domingue, lors de son expédition en 1802, une balle qui traversa obliquement la mâchoire supérieure, de l'orbite gauche, au point de sa sortie au-dessous de l'arcade zigomatique et au côté externe de la pommette de la joue droite. Dans ce trajet, le projectile, après avoir échancré le rebord orbitaire supérieur près de son angle externe, coupé la paupière supérieure, détruit la totalité du globe de l'œil, a traversé toute l'épaisseur de l'os ethmoïde sous la racine du nez et fracturé la paroi inférieure de l'orbite droite. L'œil du même côté fut également crevé, et, après avoir perforé le sinus maxillaire, le corps étranger est sorti enfin au-devant de l'oreille droite. Cette double plaie, qui a produit tous les accidents de l'ébranlement au cerveau et d'une inflammation traumatique locale, ainsi qu'une suppuration

abondante suivie de la chute des escarres et des fragments osseux du nez, s'est cependant cicatrisée assez promptement. Le pédicule des deux yeux s'est atrophié, et les paupières, réduites elles-mêmes de volume, se sont rapprochées et ferment entièrement les orbites, si nous en exceptons la paupière supérieure gauche, qui est restée échancrée. Une ouverture fistuleuse, qui communique du grand angle de l'orbite de ce côté dans les fosses nasales, laisse passer les larmes que fournit la glande lacrymale conservée intacte, et l'air que cet aveugle fait remonter de son nez. Les deux orbites sont considérablement rétrécies, surtout celle du côté gauche; les sourcils sont abaissés et le front s'est au contraire élargi.

L'odorat est presque totalement anéanti; l'intellect et l'organe de l'ouïe, d'après ce que nous a dit cet invalide, se sont perfectionnés depuis l'accident.

On pourrait encore mieux apprécier cette réduction des orbites, par l'examen du crâne déposé dans mon cabinet, d'un de ces aveugles mort d'apoplexie, et dont nous allons rapporter l'observation.

Cet invalide, âgé de 45 ans, nommé Lallemand (Nicolas), fut transporté dans les salles des fiévreux en décembre 1833, atteint d'une hémiplégie complète du côté gauche, avec très-grande gêne dans la prononciation et chute de la tête sur la poitrine, du côté de la paralysie. Cependant il conservait encore la faculté d'entendre, et répondait avec assez de justesse par des monosyllabes ou par des signes aux questions qu'on lui faisait. Cette paralysie était le résultat d'une apoplexie sanguine, déterminée par une chute, faite pendant l'ivresse, à laquelle cet invalide était sujet. Après quelques

jours de soins attentifs qu'il reçut de son médecin, M. le docteur Ribes, il succomba, et, vingt-quatre heures après la mort, nous procédâmes ensemble à sa nécropsie.

Les viscères du ventre et de la poitrine ne nous offrirent aucune lésion pathologique. Seulement le cœur, plus gros que dans l'état normal, était vide de sang. Le crâne scié horizontalement et le cerveau mis à découvert, nous trouvâmes les sinus de la dure-mère et tous les vaisseaux de la périphérie de cet organe considérablement dilatés et gorgés de sang noirâtre. Une incision longitudinale, pratiquée dans toute l'épaisseur de l'hémisphère cérébral droit, nous fit découvrir une grande quantité de sang noir coagulé (6 onces ou environ), qui remplissait le ventricule du même côté, et en avait fortement distendu les parois, au point qu'on sentait une fluctuation à travers l'hémisphère entier, dont les circonvolutions étaient en partie effacées. Les corps striés et les couches des nerfs optiques de ce ventricule étaient ramollis, et le fluide avait fusé, sans passer dans le ventricule gauche, par le troisième et le quatrième ventricules, dans l'intérieur du rachis, où nous en avons trouvé une grande quantité de la même nature. Le reste de l'encéphale était profondément injecté dans tous ses vaisseaux. Les nerfs optiques étaient non seulement atrophiés, comme chez tous les autres aveugles, mais ils étaient réduits en une substance membraneuse molle et remplis de petites vésicules séreuses.

Le crâne, dénudé de ses membranes fibreuses, nous a offert les particularités suivantes :

1° A l'intérieur, les canaux qui longent les sinus étaient considérablement dilatés ou creusés dans une étendue triple de leurs dimensions ordinaires; les échancrures ou les ouver-

tures de la base du crâne qui livrent passage à ces vaisseaux, étaient également très-élargies;

2° La boîte du crâne, de forme sphérique, était amincie, transparente, et tout annonce que cette cavité s'était agrandie depuis la blessure;

3° Si nous en exceptons les globes des yeux qui avaient été détruits par le choc du projectile, les traits du visage étaient réguliers, et nous n'avons trouvé à l'extérieur aucune trace de blessure. Cependant, après la macération de la tête, nous avons découvert le trajet de la balle qui avait été lancée par un Anglais, à une très-courte distance, dans une ligne oblique de gauche à droite. Ce projectile, après avoir échancré le rebord externe et inférieur de l'orbite gauche, emporté le globe de l'œil sans détruire les paupières, avait traversé l'ethmoïde en perforant les os unguis et les apophyses montantes des os maxillaires; les os propres du nez, qui forment la racine et la côte de cette éminence, avaient été épargnés. Enfin la balle, en se faisant jour au dehors, par l'orbite droite, avait crevé l'œil de ce côté. Ce coup de feu fut nécessairement suivi de commotion au cerveau, sans doute aussi d'hémorrhagie interne, et par conséquent d'une congestion indéterminée, qui dut produire tous les accidents qui accompagnent ordinairement ces hémorrhagies cérébrales. Néanmoins ces accidents se calmèrent, et ce soldat fut envoyé à l'Hôtel-des-Invalides après sa guérison. Depuis, il n'avait cessé de donner des signes d'une compression intérieure avec des symptômes d'épilepsie. Les deux cavités orbitaires sont considérablement réduites dans leurs dimensions et les bosses mamillaires des fosses antérieures du crâne déprimées dans les mêmes proportions. Un canal irrégulier, d'environ un centimètre de largeur, traversait toute l'épaisseur de la cloi-

son osseuse qui sépare les orbites; dont les parois, comme nous l'avons dit, s'étaient sensiblement rapprochées.

Cette nécropsie fait encore vérifier nos assertions sur les changements qui s'opèrent dans l'organisation des os de la tête, comme dans les autres parties du corps, et prouve que les plaies de la face, quelque graves qu'elles soient, se guérissent facilement.

Une autre nécropsie que nous avons eu l'occasion de faire à la même époque, d'un invalide âgé de 82 ans, nommé Brilland (Louis), nous a fait vérifier aussi ce que nous avons rapporté à l'article Paralysie, dans notre Clinique chirurgicale, sur les effets particuliers de la compression du cerveau, selon les divers points comprimés de cet organe. Nous allons retracer en peu de mots les faits que cette autopsie a offert à notre observation.

Ce vieillard montait au milieu de la nuit l'un des escaliers étroits de l'Hôtel; son pied ayant manqué à la troisième marche, il tomba à la renverse sur la nuque et resta dans un état de mort apparente au pied de l'escalier. Néanmoins il fut ramassé et transporté dans nos salles où nous nous trouvâmes pour le recevoir. Il était revenu d'une syncope profonde, après avoir eu une hémorrhagie considérable par le nez et les oreilles. A cette hémorrhagie succédèrent des mouvements convulsifs dans tous les membres et une agitation continuelle. La contraction musculaire semblait être exaltée comme dans toutes les affections tétaniques; aussi eûmes-nous une très-grande peine à raser la tête de ce sujet, à cause de ses mouvements désordonnés et non interrompus. Il avait du reste entièrement perdu l'usage de ses sens et de toutes les facultés intellectuelles. Nous ne pûmes découvrir aucune trace de fracture, bien que nous eussions

pratiqué des incisions profondes sur les points contus. Indépendamment de ces saignées locales, on avait fait une saignée du pied, qui fut sans résultat, car le pouls d'ailleurs était faible et concentré. La déglutition fut impossible, et il y avait eu déjection involontaire des urines et des excréments. Enfin, après 36 heures de cet état convulsif, notre invalide expira.

L'ouverture du crâne fut pratiquée au bout de 24 heures. Tous les viscères étaient sains et le cœur entièrement vide de sang. Puisqu'il n'y avait point eu de paralysie aux membres, nous avions annoncé d'avance qu'on trouverait une plus ou moins grande quantité de sang épanché à la périphérie du cerveau et non à sa base. En effet, on découvrit d'abord une fracture en étoile au côté droit de l'occipital, s'étendant à l'os pariétal voisin, avec fracas mais sans déplacement des pièces. Une fracture par contre-coup s'étendait aussi de la partie latérale droite du frontal jusqu'à l'orbite et à la base du crâne. Il y avait un épanchement d'environ huit onces de sang noir coagulé entre la dure-mère et la face supérieure des lobes cérébraux; il n'en existait ni dans les ventricules, ni au-dessous de la tente du cervelet. Tout l'encéphale était dense et traversé par une quantité innombrable de vaisseaux injectés de sang noir.

Il sera facile, d'après le détail de ces nécropsies, de trouver l'explication des phénomènes différents qu'ont offerts les sujets de ces deux dernières observations.

PLAIES DES MACHOIRES.

fin de rappeler les préceptes exposés dans nos Mémoires sur le mode de pansement des plaies de la face, nous allons

maintenant rapporter le précis de l'observation d'un sujet dont la blessure a été très-remarquable par sa gravité et par le succès que nous avons obtenu de ce mode de pansement.

Un enfant de 12 ans, fils de M. Allais, maître plâtrier à Boulogne, près Saint-Cloud, d'une physionomie agréable, d'un caractère doux et sensible, ayant fait quelques préparatifs pour la fête de sa mère (au commencement de l'année 1833), voulut la lui annoncer au bruit du canon. Il acheta à cet effet un gros pistolet de poche dans lequel il mit une forte charge de poudre et neuf grains de petite cendrée mêlés ensemble, qu'il recouvrit d'une bourre de papier. Une baguette en fer de 10 centimètres, ou environ, de longueur et d'un centimètre d'épaisseur fut placée dans le canon de cette arme; et après avoir joué à l'insçu de ses parents avec un plus jeune frère et une femme de service dans le fond d'une cuisine, il imagina de leur faire le simulacre de ceux qui veulent se brûler la cervelle (ce sont ses expressions), bien convaincu que son pistolet n'était pas amorcé. Il place donc cette arme sous son menton et en lâche la détente; malheureusement le pistolet part et l'enfant, est renversé sur le coup. La baguette avec la charge composée de la poudre et du plomb, lui firent une plaie énorme sur la région antérieure du cou, avec perte de substance, déchirure de ses bords à de grandes distances et attrition profonde. En effet, le pourtour de cette plaie faite à bout touchant était empreint de la brûlure de la poudre et le fond rempli d'escarres noirâtres. Les téguments qui s'étendent du menton au larynx et une grande portion des muscles peauciers avaient été emportés. Les muscles génioglosses et hyoglosses étaient coupés et déchirés, et une parcelle de l'os hyoïde lui-même fut détachée. Une ouverture transversale

d'environ un demi-centimètre de longueur s'observait entre la symphise du menton et la racine de la langue, dont la pointe était renversée vers la voûte palatine. Il est probable aussi que les principaux rameaux de la neuvième paire ou grand hypoglosse avaient été déchirés ou fortement contus, car le petit sujet a été privé long-temps de la parole. Indépendamment des artères ranines et des rameaux veineux et artériels de la région laryngée qui avaient été rompus, l'artère sous-maxillaire droite avait été arrachée au loin, et fournit d'abord une hémorrhagie inquiétante, à laquelle le médecin du village remédia par le tamponnement et une compression qu'il exerça sur la branche de la mâchoire au moyen d'un gros morceau d'agaric et d'un appareil approprié.

Tel était l'état du blessé lorsque nous le vîmes quelques heures après l'accident. A la levée de l'appareil déja complétement mouillé par les fluides salivaires et sanguins qui sortaient de sa bouche par derrière et sous le menton, nous trouvâmes les bords anguleux de la plaie renversés sur eux-mêmes et entièrement désorganisés par l'attrition et la brûlure. Après avoir préparé tout ce qui était nécessaire à l'opération et au pansement indiqués, nous excisâmes d'abord toutes les portions désorganisées et nous simplifiâmes autant que possible cette énorme plaie contuse. Nous pratiquâmes ensuite une douzaine de points de suture dont nous secondâmes les effets à l'aide de plusieurs bandelettes agglutinatives et d'un appareil légèrement compressif et unissant. Nous prescrivîmes conditionnellement une saignée du bras qui fut faite pendant la nuit, des cataplasmes sinapisés aux jambes, de la glace sur la tête, des embrocations d'huile d'amandes douces sur le ventre, et des bains tièdes émollients. Malgré la soif ardente qui tourmentait ce pauvre enfant, on le priva de

boisson pendant les premières 24 heures; mais ensuite nous imaginâmes d'introduire dans la bouche un tuyau de grosse plume d'oie dont l'extrémité s'avançait très-avant sur la langue pour transmettre le liquide au-delà de la plaie intérieure; ce moyen réussit parfaitement. Le passage d'une sonde œsophagienne par les narines aurait été en effet difficile et même impossible à raison de la petitesse du nez et de l'extrême irritabilité de cet enfant, tandis qu'au moyen de notre tuyau de plume la succion s'opérait facilement et à volonté. Il a été nourri de cette manière pendant les 20 premiers jours. Bien que les fluides salivaires et la suppuration traversassent l'appareil et les pièces de linge placées sur la poitrine, qu'on renouvelait plusieurs fois dans les 24 heures, nous ne levâmes ce premier appareil que le 7e jour. A cette époque, nous trouvâmes les bords des deux coupures ou déchirures latérales de la plaie, qui montaient obliquement de chaque côté jusqu'au milieu des joues, réunis ou cicatrisés, et le diamètre du reste de cette blessure considérablement réduit. Une grande quantité d'escarres des parties intérieures furent extraites dans ce pansement. De nouvelles bandelettes agglutinatives furent posées sur les points où elles nous parurent nécessaires, et l'on appliqua un appareil conforme au premier. L'enfant, qui traçait sur une ardoise tout ce qu'il avait à dire, prenait alternativement de l'orangeade, du petit-lait, du bouillon de poulet, ou du lait pur ou coupé avec de l'eau fraîche. On faisait usage aussi des bains domestiques et de lavements émollients gélatineux. Au 15e jour la plaie était entièrement détergée; ses bords s'étaient rapprochés considérablement; la cicatrice de ceux qui avaient été réunis par les points de suture, était terminée. Six ou sept jours après, les liquides provenant de la bouche cessèrent de passer par la plaie, qui ne tarda point à se fermer entièrement. C'est

alors seulement que le blessé put articuler les sons et reprendre l'usage de la parole. La guérison fut achevée et complète le 35ᵉ jour. Une petite cicatrice étoilée se fait à peine apercevoir sous le menton immédiatement au-dessus du larynx.

Les effets consécutifs des plaies graves de la face avec perte de substance aux os qui la composent, sont vraiment incompréhensibles. Nous rapporterons à ce sujet quelques exemples de plaies extraordinaires dont nous avons suivi la marche pendant la vie des blessés, et à l'occasion desquelles la nécropsie nous a fait découvrir les grandes ressources que la nature possède pour conduire à la guérison ces blessures en quelque sorte désespérées.

Le sujet le plus curieux, sans doute, et dont les journaux se sont entretenus dans son temps, est un des valeureux soldats de l'immortelle expédition d'Égypte, Louis Vauté, caporal dans la 88ᵉ demi-brigade (l'observation est insérée dans l'histoire de nos campagnes et dans le Dictionnaire des sciences médicales). Parcourant les champs de nos combats pendant le siége d'Alexandrie pour enlever les blessés et faire donner la sépulture aux morts, nous rencontrâmes dans une fosse de câprier, sur le rivage de la mer et près la tour de Marabou, cet infortuné, ne donnant d'autres signes de vie que quelques mouvements qu'il faisait avec l'une de ses mains. Il était couché sur le ventre et couvert de poussière. Aidé de l'un des soldats de l'armée, nous le soulevâmes et le mîmes sur son séant, ayant peine à comprendre comment il avait pu exister quelques minutes avec la blessure effrayante dont il était atteint. Il est inutile de la décrire, il suffit d'annoncer qu'un boulet de canon lui avait emporté, obliquement de gauche à droite, presque la totalité de la face, c'est-à-dire les deux tiers de la mâchoire

supérieure et les trois quarts de l'os maxillaire inférieur jusqu'à la base du crâne, une grande portion de la langue et une partie de l'orbite droite, dont le globe de l'œil fut renversé. Rien ne peut être plus hideux et plus effrayant que cette plaie profonde remplie de fragments osseux, de lambeaux de chair attrits et de caillots de sang mêlés de poussière. Nous le fîmes aussitôt transporter à l'un des hôpitaux d'Alexandrie, où nous lui donnâmes nos soins.

On conçoit d'avance les indications qu'il y avait à remplir : l'excision des parties attrites ou désorganisées, l'extraction des esquilles mobiles et isolées de leur périoste, la ligature des artères coupées par le bistouri, enfin la réunion des bords anguleux de cette solution de continuité à l'aide de la suture et d'autres moyens unissants et contentifs. Pendant les périodes de la suppuration et de la détersion de la plaie, nous fûmes obligé de nourrir le malade à l'aide d'une sonde de gomme élastique, que nous introduisions dans l'estomac avec d'autant plus de facilité que l'arrière-bouche était à découvert. Plus tard il se nourrissait lui-même avec des boulettes de riz et de viande hachée qu'il jetait dans son gosier à l'instar de l'éléphant, et il n'a cessé de se nourrir ainsi jusqu'à l'époque de sa mort, arrivée dix-sept ans après notre expédition.

La nature, qui avait été d'abord secondée par l'art, avait opéré un changement si favorable sur toutes les parties lésées, que cet infortuné avait fini par supporter son existence avec une entière résignation. Bien que les organes de la parole, de la prononciation et de la mastication fussent détruits, muni d'un masque de vermeil colorié que nous lui avions fait faire, il se faisait entendre, participait à la conversation ; et en prenant les précautions que nous avons indiquées pour la préparation des aliments, sa nutrition

s'exécutait très-bien. Le seul inconvénient majeur dont il se plaignait, était la perte de la salive qu'il recevait dans des compresses placées sur sa poitrine et au bas de son masque.

A la mort du sujet, arrivée en 1821, et qui fut l'effet d'un suicide, le crâne, que nous eûmes beaucoup de peine à nous procurer, nous a offert les faits suivants:

1° La coupe opérée par le boulet était limitée à la ligne elliptique que nons avous indiquée ; ces limites sont du côté gauche, à la paroi inférieure de l'orbite dépourvue de son bord correspondant, l'os de la pommette qui le forme ayant été emporté;

2° La voûte palatine et les fosses nasales étaient détruites jusqu'à l'os ethmoïde inclusivement;

3° Toute la paroi inférieure et une portion de la paroi interne de l'orbite droite, jusqu'à la base du crâne, étaient également emportées par le projectile;

4° Les deux tiers de la mâchoire manquaient. La moitié droite de la portion carrée ou centrale de cet os, ayant conservé trois dents, s'était soudée sur une partie de la surface de sa branche droite fracturée. La portion de cette branche qui comprend l'apophyse coronoïde et le condyle, était fortement déprimée en arrière pour se mettre en rapport avec les autres fractions du même os; mais elle n'avait pu s'y souder, parce que le contact n'avait point été assez immédiat;

5° Tous les points de ces os coupés par le boulet s'étaient amincis et arrondis, afin de se mettre en harmonie avec la cicatrice des parties molles, formant un bourrelet froncé et inégal autour de l'ouverture elliptique qui s'observait au milieu du visage aplati et entièrement défiguré de notre malheureux invalide (voyez la planche qui le représente dans le *Dictionnaire des sciences médicales*.)

Ici, comme chez les sujets des observations précédentes,

la nature avait fait sans doute les plus grands efforts pour réparer le désordre et resserrer le vide immense qui était résulté de cette blessure ; mais au lieu d'un épanchement de sucs cartilagineux ou osseux (ou de ce prétendu travail de régénération dont quelques auteurs modernes nous parlent encore), il y a eu au contraire partout, réduction et concentration, ainsi que dans les ouvertures du crâne.

En la considérant, du reste, sous le rapport de la thérapeutique chirurgicale, cette observation, bien certainement unique, doit porter les jeunes chirurgiens militaires à ne point ralentir leur zèle, même dans les cas les plus désespérés.

Nous terminerons nos remarques sur les plaies de la face, par la description rapide de la tête de l'un de nos invalides (surnommés mentons d'argent), Vernez (Charles-François), mort d'apoplexie foudroyante à l'âge de 63 ans.

L'observation détaillée de ce sujet est insérée dans le Dictionnaire des sciences médicales (article *Mâchoire*). Nous nous bornerons donc ici à indiquer le genre de blessure dont il avait été atteint à la bataille d'Iéna, et la cause qui l'avait produite.

Un boulet de petit calibre, reçu dans cette mémorable journée, lui ayant emporté le menton et la majeure partie de la mâchoire inférieure, il en était résulté une large plaie, avec des bords attrits et déchirés, qui avait mis à découvert toute la voûte palatine et la langue trouvée ecchymosée. Deux portions assez courtes des branches de cet os avaient été conservées avec les trousseaux charnus qui les recouvrent.

L'un des chirurgiens de nos ambulances qui lui donna les premiers secours, remplit aussi bien que les circonstances le permirent, les indications qu'offrait cette énorme et horrible blessure. Il pratiqua la résection des parties désorga-

nisées, fit l'extraction de tous les fragments osseux isolés, et réunit, autant que possible, les bords saignants de cette plaie, qui parcourut les périodes de l'inflammation, de la suppuration, de la détersion et de la cicatrisation, avec une assez grande rapidité et sans le moindre obstacle, ni un seul quart d'heure de fièvre.

Les deux fragments de la mâchoire se rapprochèrent de manière à ne laisser par la suite qu'un court intervalle entre les deux extrémités tronquées, qui se sont arrondies et considérablement amincies. Les fibres des masseters et des ptéry-goïdiens internes, qui recouvrent ces deux portions du maxillaire, avaient contracté, au moyen d'un tissu cellulaire serré, des adhésions profondes avec les muscles myloglosses et hyoglosses qui avaient échappé à l'action du boulet; et ces trousseaux charnus, recouverts et protégés par les téguments du cou, que la nature avait ramenés de fort loin, formaient la paroi inférieure de la bouche et une grande partie de ses parois latérales. La langue, dont la pointe était à découvert, composait une sorte d'opercule au reste de cette ouverture qu'elle fermait entièrement, en se mettant en contact avec la lèvre supérieure qui n'avait point été endommagée. Lorsque cet invalide était muni de son menton d'argent, il parlait assez distinctement. Pendant fort long-temps il a été incommodé de la perte de la salive qui s'échappait par l'échancrure qui remplaçait le menton; mais à mesure que le sujet avançait en âge, comme cette échancrure se réduisait insensiblement, l'écoulement salivaire diminuait dans les mêmes proportions, à un tel point qu'au lieu de renouveler l'éponge ou les linges qui la recevaient, trois, quatre, cinq ou six fois par jour, à peine mouillait-il une compresse toutes les vingt-quatre heures. Ainsi, non seulement la nature avait luxé et

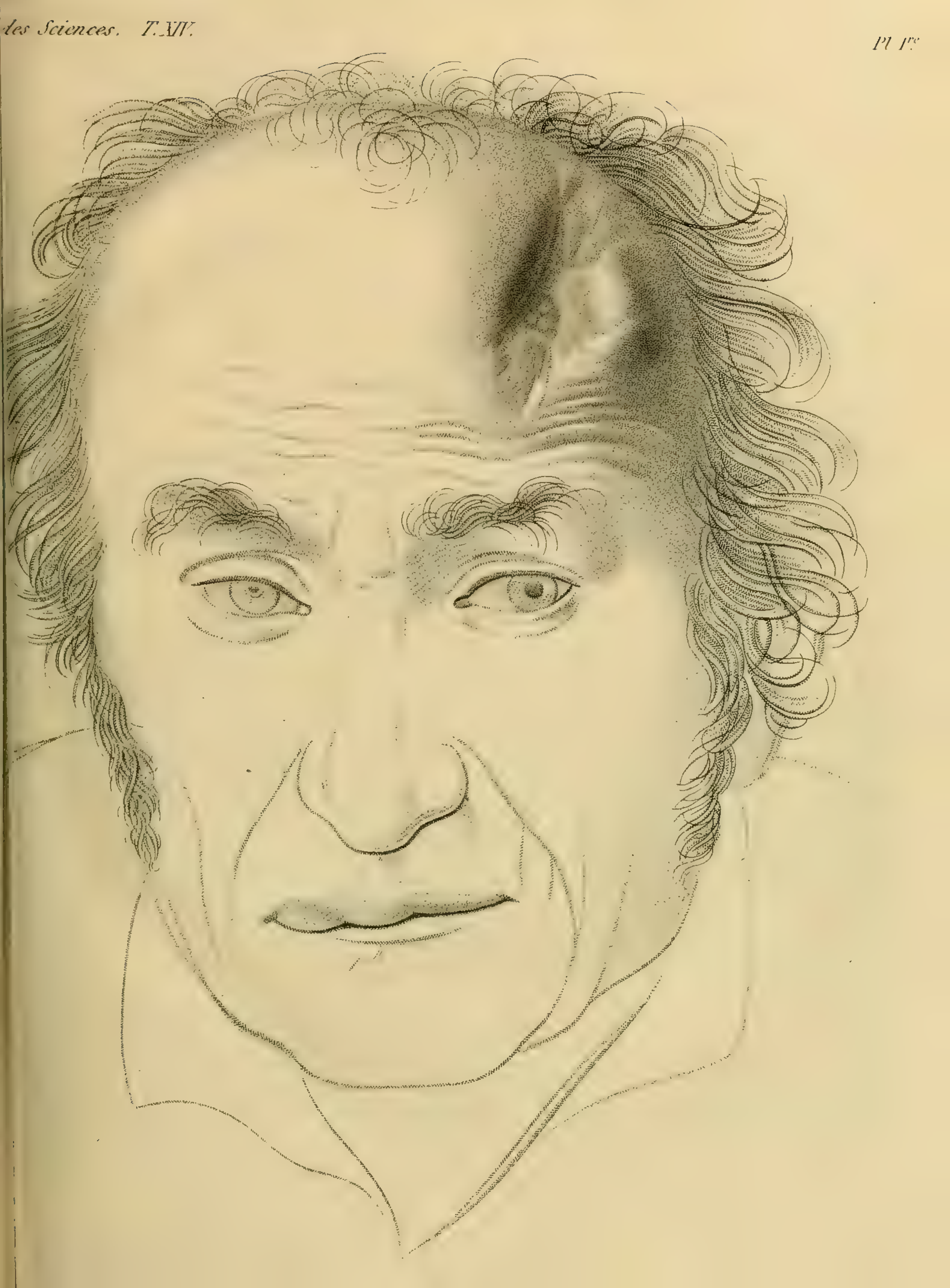
rapproché par degrés les fragments de la mâchoire et les lambeaux des parois de la bouche, mais elle avait abaissé perpendiculairement les os maxillaires, ceux des pommettes et les parois des orbites, en sorte que le cône de ces cavités est incliné de haut en bas, au lieu d'être horizontal. Les deux portions latérales de l'os frontal sont également abaissées dans la même direction, et comme ayant fait effort pour s'écarter l'une de l'autre à la suture sagittale. La voûte palatine est fortement déprimée vers les fosses nasales, et le rebord alvéolaire, tellement rapproché, que la dernière grosse molaire d'un côté et celle de l'autre ne sont séparées que par un espace d'environ un demi-centimètre. Enfin, les dents incisives, les canines et les premières molaires ont été expulsées successivement de leurs alvéoles par l'effet du resserrement du tissu spongieux des os maxillaires.

Tels ont été les efforts inconcevables que la nature avait faits dans la tête de Vernez, pour réparer le désordre des parties lésées, et rétablir autant que possible les fonctions dans les organes qu'on avait d'abord considérés comme entièrement détruits (voyez la planche n° 4).

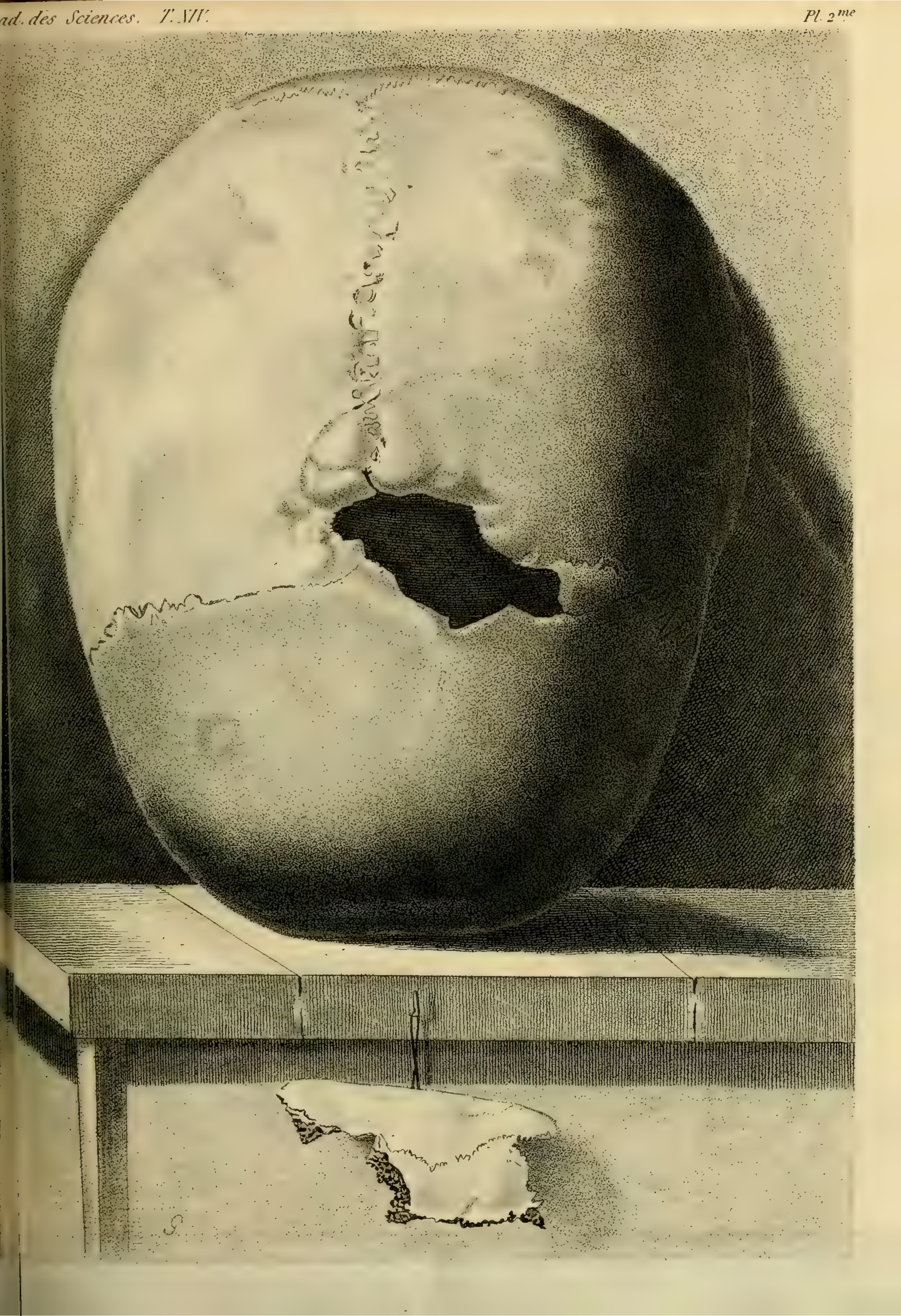
Nous avons lieu de regretter de ne pouvoir communiquer ces faits remarquables à notre illustre ami, Sæmmering, qui ne croyait pas les os de la tête susceptibles d'éprouver, comme ceux de la poitrine, aucun changement dans leurs dimensions ou dans leurs formes.

Maintenant nous sommes porté à croire que ce grand anatomiste aurait changé d'opinion s'il avait eu connaissance des faits que nous avons exposés dans ce Mémoire.

On n'a pas jugé nécessaire de reproduire ici la lettre du docteur Sæmmering annoncée dans la note de la page 199.



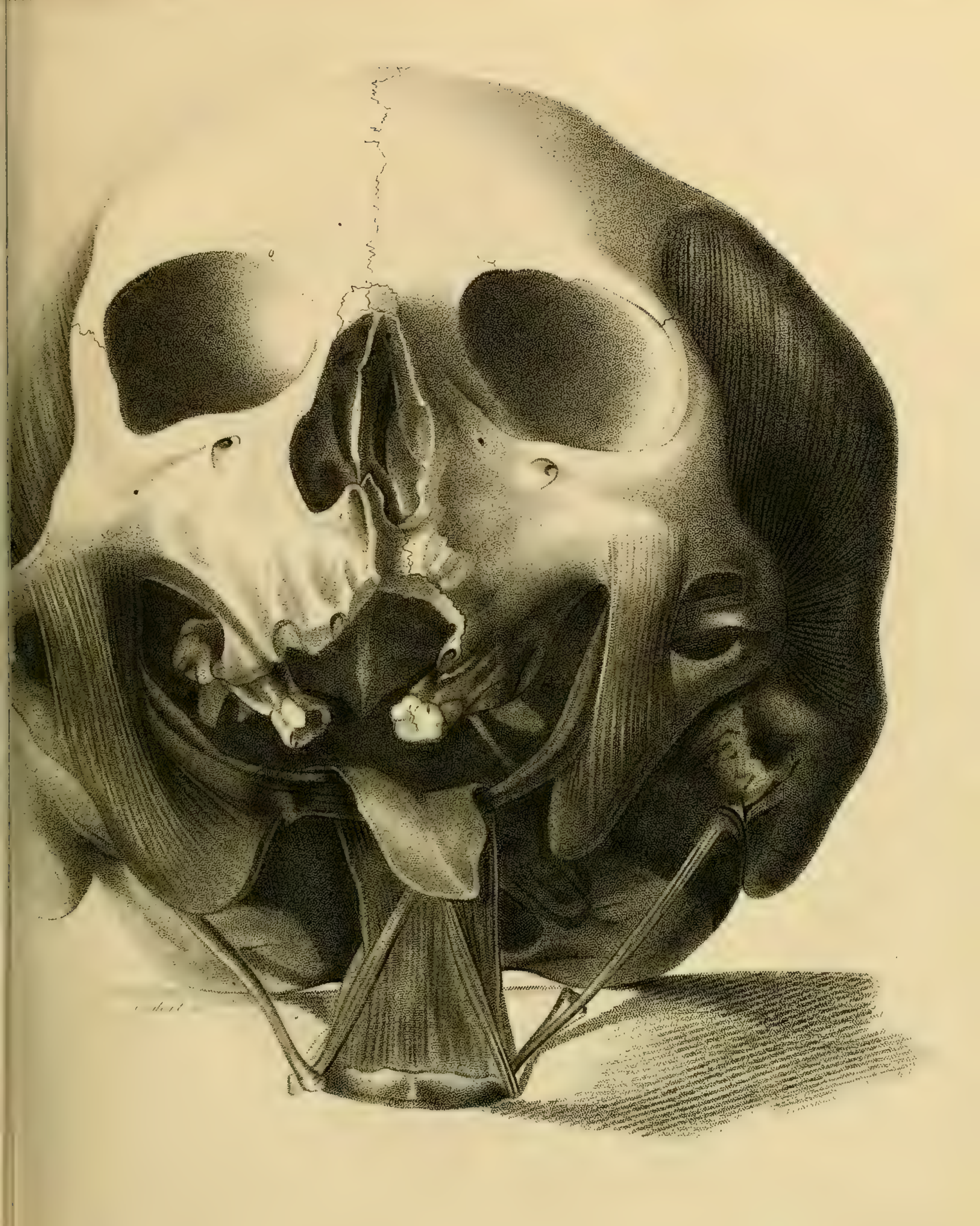














MÉMOIRE

SUR

LE MOUVEMENT

D'UN CORPS SOLIDE.

PAR M. POISSON.

Lu à l'Académie, les 18 août et 13 octobre 1834.

Le problème de la rotation d'un corps solide de forme quelconque se divise naturellement en deux parties : dans l'une, on considère ce mouvement en lui-même, et abstraction faite des forces qui le produisent; dans l'autre, on a égard à ces forces, et il s'agit de déterminer le mouvement qui en résulte. La première partie, que nous allons d'abord analyser, est purement descriptive et géométrique; la seconde appartient seule à la mécanique, qui est la science des forces plutôt que celle des mouvements.

Si le corps est retenu par un axe fixe, tous ses points décriront dans un même intervalle de temps des arcs de cercle d'un même nombre de degrés, qui ont leurs centres dans l'axe, et leurs plans perpendiculaires à cette droite. L'angle décrit

dans l'unité de temps par le rayon d'un arc quelconque est ce qu'on appelle la *vitesse angulaire* du corps, quand le mouvement de rotation est uniforme; lorsqu'il est varié, cette vitesse est à chaque instant le rapport de l'angle décrit pendant un temps infiniment petit, au temps employé à le décrire.

Si le corps est seulement retenu par un point fixe, on démontre aisément, d'après sa forme invariable, qu'à une époque quelconque, il y a toujours une droite passant par ce point fixe, dont tous les autres points ont des vitesses nulles, et qui peut être regardée comme immobile pendant un temps infiniment petit; le corps tourne donc autour de cette droite pendant cet intervalle de temps, comme autour d'un axe fixe; mais cette ligne n'étant immobile que pour un moment, et changeant en général d'un instant à un autre, on l'appelle pour cette raison l'*axe instantané de rotation*. Cela étant, le mouvement quelconque autour d'un point donné est très-facile à concevoir. Pour fixer les idées, supposons que le mobile soit un ellipsoïde retenu par son centre. Il pourra arriver que ce corps tourne constamment autour d'un même diamètre, tandis que cette droite se déplace et décrit un cône qui a son sommet au point fixe. Plus généralement, l'ellipsoïde pourra tourner successivement autour de différents diamètres, de sorte que l'axe de rotation se déplace alors non seulement dans l'espace, mais aussi dans l'intérieur du mobile; on conçoit d'ailleurs que ce déplacement intérieur suppose nécessairement un déplacement dans l'espace; mais, dans tous les cas, la série des droites autour desquelles le corps aura tourné pendant un temps quelconque, formera un certain cône ayant son sommet au point fixe. Par un point pris arbi-

trairement sur l'arête de ce cône, qui est l'axe de rotation à une époque donnée, si l'on mène un plan perpendiculaire à cette droite, tous les points du mobile qui se trouvent actuellement dans ce plan y demeureront pendant un temps infiniment petit, et s'y mouvront sans se rapprocher ni s'éloigner de l'axe; pendant cet instant, le rapport de l'arc de cercle infiniment petit que décrira l'un de ces points, au temps employé à le décrire, sera la vitesse absolue de ce point; et si l'on divise cette vitesse par le rayon du même arc de cercle, c'est-à-dire par la distance de ce point à l'axe de rotation, on aura une quantité commune à tous les points du corps, qui exprimera sa vitesse angulaire à l'époque que l'on considère.

Les vitesses angulaires de rotation autour de différents axes fixes ou mobiles, se composent et se décomposent suivant les mêmes lois que les vitesses de translation. Ainsi, par exemple, si un ellipsoïde tourne à un instant donné, autour d'un diamètre déterminé, avec une vitesse angulaire aussi donnée, on pourra décomposer cette vitesse en trois autres, qui auront lieu autour des trois axes de figure de l'ellipsoïde, et qui se déduiront de la vitesse donnée, en la multipliant par les cosinus des angles que fait la droite donnée avec les trois axes. La vitesse donnée et ses trois composantes jouissent de cette propriété que si le corps, au lieu de tourner pendant un temps infiniment petit, autour de son axe réel de rotation, et avec la vitesse angulaire dont il est animé, tournait successivement pendant des temps égaux à celui-là, autour des trois axes des composantes avec la vitesse correspondante à chaque axe, le mobile se trouverait après ces trois mouvements successifs dans la position qu'il aurait prise, au bout de cet instant, en vertu de sa vitesse donnée. Cette pro-

priété, commune aux vitesses de rotation et aux vitesses de translation, et indépendante des forces qui les produisent, se démontre sans difficulté dans ces deux espèces de mouvements, d'après les seules relations qui existent entre les grandeurs et les directions des vitesses composantes et de la vitesse résultante.

Indépendamment de la direction de l'axe instantané, et de la grandeur de la vitesse angulaire, qui font connaître l'état du mobile à chaque instant, c'est-à-dire, en grandeur et en direction, les vitesses dont tous ses points sont animés, il faudra encore pouvoir assigner sa position à une époque quelconque du mouvement. Pour cela, on imagine par le point fixe deux systèmes d'axes rectangulaires, dont l'un se compose de trois axes fixes dans l'espace, et l'autre de trois axes fixes dans l'intérieur du corps, et conséquemment mobiles dans l'espace. Il est évident, par la nature du corps solide, que si les directions des trois derniers axes à un instant quelconque sont connues par rapport à celles des trois premiers, la position du mobile et celles de tous ses points seront aussi complétement déterminées à cet instant; or, on emploie à cet effet trois angles bien connus, savoir, l'inclinaison du plan de deux des axes mobiles sur le plan de deux des axes fixes, l'angle que fait l'intersection de ces deux plans avec une droite fixe menée dans le second, et l'angle compris entre cette même intersection et l'un des deux axes mobiles compris dans l'autre plan. Si le mobile est la terre, par exemple, et que les deux plans soient l'équateur et l'écliptique, ces trois angles sont l'obliquité de l'écliptique, la longitude de la ligne mobile des équinoxes, et l'ascension droite d'un rayon déterminé de l'équateur. Quand on est parvenu à les déterminer en fonctions du temps, non seulement ils font connaître, sans

aucune ambiguïté, la position du mobile à une époque donnée, mais leurs expressions montrent clairement la suite des positions par lesquelles il a passé, et les divers mouvements qu'il a exécutés pendant un temps quelconque. Chacun de ces trois angles répond à un mouvement simple autour d'un axe déterminé : on peut facilement se représenter la coexistence de ces trois mouvements, ou bien on peut, si l'on veut, concevoir qu'ils aient lieu successivement pendant des temps égaux. Ainsi, en vertu de la variation du premier angle, on peut supposer que le corps tourne pendant un temps donné autour de l'intersection du plan mobile et du plan fixe, regardée comme une droite immobile; après ce premier mouvement, et pendant un même intervalle de temps, on peut imaginer que l'intersection de ces deux plans tourne dans le second, sans que leur inclinaison varie, et seulement en vertu de la variation du second angle; ce qui sera encore un mouvement autour d'un axe fixe, c'est-à-dire autour d'une droite perpendiculaire au second plan; enfin ces deux mouvements étant exécutés, on concevra que le corps tourne pendant un intervalle de temps toujours le même, et en vertu de la variation du troisième angle, autour d'un axe perpendiculaire au plan dont on a d'abord considéré les déplacements : par suite de ces trois mouvements successifs, le corps se trouvera dans la position où il parviendra réellement au bout d'un temps égal au temps donné; et, de cette manière, le mouvement quelconque d'un corps solide autour d'un point fixe aura été décomposé en trois mouvements encore plus faciles à se représenter.

Maintenant, si le corps solide que l'on considère est entièrement libre, son mouvement dans l'espace pourra toujours

être regardé comme le résultat de deux autres mouvements : l'un de rotation autour d'un point du corps que l'on choisit à volonté, et autour duquel le corps tourne comme si ce point était fixe ; l'autre de translation, commun à tous les points du corps, de sorte qu'en vertu de ce second mouvement tous les points aient à chaque instant des vitesses égales et parallèles, qui peuvent d'ailleurs varier avec le temps en grandeur et en direction. On conçoit sans peine la combinaison de ces deux mouvements ; c'est le cas, par exemple, d'un corps attaché en un point d'un vaisseau, et qui tourne autour de ce point tandis qu'il est emporté par le mouvement du navire. Dans ce double mouvement, les coordonnées rectangulaires d'un point quelconque du mobile, rapportées à trois axes fixes dans l'espace, s'expriment par des formules très-simples, au moyen de neuf quantités, qui sont les coordonnées de ce point rapportées à trois axes fixes dans l'intérieur du corps, et passant par le centre du mouvement de rotation, les trois angles qui déterminent les directions de ces droites par rapport à trois axes passant par ce centre, et constamment parallèles aux axes immobiles, les trois coordonnées de ce même centre, rapportées à ces derniers axes. Parmi ces neuf quantités, les trois premières sont indépendantes du temps, et varient d'un point à un autre du mobile ; au contraire, les six autres varient d'un instant à un autre, et sont les mêmes pour tous les points du corps. Quand on aura déterminé ces six variables en fonctions du temps, si on l'élimine entre les formules qui donnent les coordonnées d'un point quelconque, rapportées aux axes immobiles, on obtiendra les deux équations de la trajectoire décrite par ce point dans l'espace. Ces formules se trouvent dans les différents traités de mécanique,

et même dans plusieurs traités de l'application de l'algèbre à la géométrie.

Telles sont les notions préliminaires relatives au mouvement d'un corps solide, soit dans l'espace, soit autour d'un point fixe. La partie du problème qui appartient proprement à la mécanique, et où l'on se propose de déterminer le mouvement produit par des forces données, a présenté pendant long-temps de grandes difficultés, que les géomètres ont heureusement surmontées.

On s'est d'abord occupé du mouvement d'un corps pesant, qui tourne ou qui oscille autour d'un axe horizontal. Quand le mobile se réduit à un point dont la distance à l'axe est invariable, Huyghens avait déja déterminé son mouvement; on a donc cherché à ramener le cas général d'un corps de forme quelconque à ce cas particulier, ou, autrement dit, à déterminer, d'après la forme de ce corps, la longueur du pendule simple qui a le même mouvement oscillatoire ou révolutif; et c'est, comme on sait, à Jacques Bernouilli que l'on doit la première solution directe de ce problème (*). Indépendamment de l'importance de la question, cette solution est encore remarquable en ce qu'elle est fondée sur l'équilibre, autour de l'axe fixe, des quantités de mouvement perdues ou gagnées à chaque instant par tous les points du corps, en vertu de leur liaison mutuelle; considération que D'Alembert a généralisée quarante ans plus tard, et dont il a fait le principe de dynamique (**) au moyen duquel on transforme

---

(*) Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris, année 1703.

(**) Traité de Dynamique, publié en 1743.

toutes les questions de mouvement en de simples problèmes de statique.

Après le mouvement autour d'un axe fixe, on a considéré celui d'un corps solide, retenu seulement par un point fixe. Quelle que soit la forme de ce corps, il existe toujours trois axes rectangulaires, passant par le point fixe, autour desquels les forces centrifuges de tous les points du mobile se font équilibre; en sorte que si ce corps n'est sollicité ni par la pesanteur ni par aucune autre force accélératrice, et que son mouvement, produit seulement par une ou plusieurs impulsions, ait commencé autour de l'un de ces trois axes, il continuera indéfiniment autour de cette droite, comme si elle était fixe; ce qui a fait nommer les trois droites dont il s'agit *axes principaux de rotation*. Mais quand les points du corps sont soumis à la pesanteur ou à d'autres forces accélératrices, non parallèles à l'un de ces trois axes, ou bien lorsque le mouvement produit par une impulsion primitive, a commencé autour d'une droite qui n'est pas un axe principal, la rotation a lieu autour d'un axe variable, ainsi qu'on l'a expliqué plus haut. Or, la détermination du mouvement d'un corps autour d'un axe dont la position varie par l'effet des forces centrifuges et des autres forces accélératrices de tous les points du mobile, a été une des questions les plus difficiles que les géomètres se soient proposées, et aussi les plus importantes par ses applications à l'astronomie.

D'Alembert a résolu le premier ce problème (*), c'est-à-dire qu'il a formé le premier les trois équations différentielles

(*) *Recherches sur la précession des équinoxes*, publiées en 1749.

du second ordre, qui doivent servir à déterminer en fonctions du temps, les trois angles relatifs au mouvement de rotation autour d'un centre fixe ou mobile, desquels il a été question plus haut.

Euler, neuf ans après (*), a résolu plus simplement ce même problème, en le considérant sous un autre point de vue. Il divise sa solution en deux parties distinctes : dans l'une, il détermine, à une époque quelconque, la position de l'axe instantané de rotation par rapport à trois droites fixes dans l'intérieur du corps, pour lesquelles il prend ses trois axes principaux qui se coupent au centre du mouvement; l'autre partie suppose connues les six quantités relatives à cette première détermination, et a pour objet d'en déduire à chaque instant la position des trois axes principaux, par rapport à trois axes fixes dans l'espace. De cette manière, Euler a été conduit à six équations différentielles du premier ordre, équivalentes aux trois équations du second ordre que D'Alembert avait obtenues, de sorte que celles-ci résultent de celles d'Euler par l'élimination de trois inconnues auxiliaires. Trois de ces six équations sont indépendantes des forces appliquées à tous les points du mobile, et leur formation appartient, par conséquent, à la partie géométrique du problème dont nous avons parlé en premier lieu. Les trois autres renferment les forces données; ce sont les équations d'équilibre autour du centre de rotation, des quantités de mouvement perdues ou gagnées à chaque instant par les points du corps; équations qui sont fournies par le principe des moments,

---

(*) Mémoires de l'Académie de Berlin, année 1758.

et qu'Euler a mises sous la forme la plus simple et réduites au premier ordre, par la considération des inconnues auxiliaires que renferment les trois premières formules.

Après D'Alembert et Euler, Lagrange a aussi résolu le problème du mouvement de rotation, dans les Mémoires de l'Académie de Berlin pour l'année 1773, et ensuite dans sa *Mécanique analytique*. En appliquant, dans cet ouvrage, au mouvement d'un corps solide, la formule générale qu'il a déduite du principe de D'Alembert, combiné avec celui des *vitesses virtuelles*, il a pu obtenir les équations différentielles de ce mouvement, sous différentes formes, selon les diverses inconnues qu'il emploie et dont il considère les variations. Sa solution est en outre remarquable par la généralité des expressions analytiques, qui sont relatives principalement à la partie du problème indépendante des forces appliquées au mobile. Mais Lagrange a inutilement compliqué la question, en rapportant le mouvement de rotation à des axes quelconques, fixes dans l'intérieur du mobile, au lieu de choisir pour ces trois droites rectangulaires, les axes principaux de ce corps. Ce qui paraît avoir déterminé l'illustre auteur à cette sorte de généralité, c'est qu'il regarde les propriétés des axes principaux d'après lesquelles les formules se simplifient, comme étant déja des théorèmes relatifs au mouvement de rotation; en sorte qu'en s'appuyant sur ces propriétés, la solution n'embrasserait pas toute la théorie de ce mouvement. Mais indépendamment de leurs propriétés mécaniques, les axes naturels de rotation, ainsi que le centre de gravité et l'axe du moment principal des quantités de mouvement, ont aussi la propriété de faire évanouir certaines quantités, quand on prend ce centre et ces droites pour origine et pour axes des

coordonnées; ce qui suffit pour qu'on y rapporte les points du corps, dans la seule vue de simplifier les équations, et sans crainte de dénaturer la question, ni d'en restreindre la généralité.

Dans mon *Traité de Mécanique,* en conservant la symétrie des formules de Lagrange, j'ai cherché à obtenir de la manière la plus simple et la plus directe, les équations du mouvement de rotation autour d'un point donné, et je crois y être effectivement parvenu. J'ai d'abord déterminé, par rapport aux axes principaux qui se coupent au point fixe, les moments des quantités de mouvement dont sont animés tous les points du corps à une époque quelconque. A raison des quantités que ces trois axes font disparaître, on trouve immédiatement que le moment relatif à chacun d'eux est simplement égal au produit du moment d'inertie du corps par rapport à cet axe, multiplié par la composante de la vitesse de rotation autour de cette même droite. Connaissant ainsi les moments d'un système de forces ou de quantités de mouvement, par rapport à trois axes rectangulaires, on en déduit le moment des mêmes forces relativement à tout autre droite passant par le point d'intersection de ces trois axes, au moyen des lois connues de la composition des moments, qui ont été trouvées par Euler, et sont semblables à celles de la composition des forces. Or, pour l'équilibre des quantités de mouvement perdues ou gagnées par tous les points du corps pendant un temps infiniment petit, il est nécessaire et il suffit que les moments, par rapport à trois axes rectangulaire passant par le point fixe, des accroissements de quantités de mouvement de tous ces points pendant cet intervalle de temps, soient égaux aux moments relatifs aux mêmes axes,

des quantités de mouvement produites, pendant le même temps, par les forces données qui agissent sur le mobile. Si donc on rapporte les moments des quantités de mouvement des points du corps à des axes fixes, il suffira d'égaler les coefficients différentiels par rapport au temps, de leurs valeurs à une époque quelconque, aux moments des forces motrices données, pris par rapport aux mêmes axes. Mais ce moyen qui se présente le plus naturellement, et que j'avais employé autrefois, ne conduit pas immédiatement aux équations les plus simples du mouvement de rotation; et pour les ramener à la forme qu'Euler leur a donnée, il faut encore leur faire subir une transformation; c'est pourquoi j'ai préféré rapporter les moments aux trois axes principaux du mobile; ce qui exige que l'on ait égard au déplacement de ces trois droites, pendant le temps infiniment petit que l'on considère, et conduit alors, sans autre calcul, aux équations du mouvement de rotation, sous la forme où il s'agissait de les obtenir.

Ces équations différentielles étant formées, la question est résolue relativement à la mécanique, et réduite à un problème de calcul intégral qu'on ne peut résoudre, en général, que par approximation. Lorsque le mobile n'est sollicité ni par la pesanteur, ni par aucune autre force accélératrice, ces équations sont intégrables sous forme finie, et réductibles aux quadratures. D'après leur forme, on en découvre aisément quatre intégrales premières, qui sont, au reste, les équations résultantes des principes généraux des forces vives et des aires, appliquées au mouvement d'un corps solide autour d'un point fixe. En prenant un certain plan fixe pour celui sur lequel on compte un des trois angles du mouvement de

rotation ci-dessus cités, on parvient aisément à séparer les variables dans ces équations, et à faire dépendre toutes les inconnues du problème, des intégrales de deux fonctions d'une seule variable. Quant aux constantes arbitraires introduites par l'intégration, on doit les déterminer d'après l'impulsion donnée en grandeur et en direction, ou les impulsions simultanées, s'il y en a eu plusieurs, qui ont mis le corps en mouvement; ce qui exige que l'on sache en déduire la grandeur et la direction de sa vitesse initiale. Or, j'ai fait voir, dans mon *Traité de Mécanique,* comment on peut toujours déterminer cette vitesse d'une manière complète, au moyen du théorème que je viens d'énoncer, suivant lequel le moment des quantités de mouvement qui ont lieu à une époque quelconque, étant pris par rapport à chacun des axes principaux, sa valeur est égale au produit du moment d'inertie du mobile relatif à cet axe, multiplié par la composante de la vitesse de rotation autour du même axe; d'où il résulte qu'à l'origine du mouvement, ce produit devient égal pour chacun des trois axes, au moment correspondant de l'impulsion primitive; ce qui fait connaître les valeurs initiales des composantes de la vitesse de rotation, et, par conséquent, la direction de l'axe instantané autour duquel le corps commence à tourner, et la grandeur de sa première vitesse angulaire.

Le plan particulier dont on a fait choix pour simplifier les calculs et faciliter l'intégration, est le plan du *maximum* des aires, ou celui que Laplace a nommé le *plan invariable,* qui demeure effectivement immobile pendant toute la durée du mouvement, et qui a la propriété de faire disparaître deux constantes arbitraires, quand on le prend pour un des plans des coordonnées. Dans son *Essai sur le problème des trois*

corps (*), qui a remporté le prix de notre ancienne Académie pour l'année 1772, Lagrange avait indiqué l'usage de ce même plan, fondé sur cette même propriété. Mais c'est Laplace qui a montré que ce plan existe dans tous les cas où le principe des aires a lieu, et qui a donné les formules propres à le déterminer à une époque quelconque, d'après les vitesses et les positions relatives des mobiles à cet instant, dans tout système de corps soumis à leur action mutuelle, et spécialement dans notre système planétaire.

Euler, à qui l'on doit l'intégration des équations du mouvement de rotation, dans le cas d'un corps abandonné à lui-même et qui n'est sollicité par aucune force accélératrice, s'était borné à réduire le problème à deux intégrales simples. Il n'avait point examiné la nature de ces intégrales, dont les valeurs ne peuvent être exprimées par des arcs de cercle que dans des cas très-particuliers. Legendre ayant repris cette question, a fait voir que ces deux intégrales peuvent toujours être transformées en *fonctions elliptiques*, et, par conséquent, réduites en nombres au moyen des tables des valeurs numériques de ces fonctions qu'il a publiées. Un examen très-détaillé de ces formules lui a fait découvrir, en outre, plusieurs propriétés curieuses du mouvement de rotation, distinctes de celles qui résultent immédiatement des intégrales premières que fournissent le principe des aires et celui des forces vives.

Lorsque l'on a égard à la pesanteur qui agit sur le mobile, on peut encore intégrer les équations de son mouvement de

---

(*) Tome IX du Recueil des prix, page 43 du Mémoire.

rotation autour d'un point fixe, et exprimer les inconnues par des fonctions elliptiques, pourvu que le corps soit un solide de révolution, et que le point fixe appartienne à son axe de figure. Si ces deux conditions ne sont pas remplies, on obtient seulement deux intégrales premières, dont l'une est toujours fournie par le principe des forces vives, et l'autre, par le principe des aires appliqué aux aires décrites sur un plan horizontal. Mais ces deux intégrales sont insuffisantes pour la solution complète du problème; en sorte que la question du mouvement d'un corps pesant autour d'un point fixe, une de celles qui se présentent le plus naturellement, ne peut cependant être résolue dans toute sa généralité, que par approximation.

On peut toujours, comme nous l'avons dit plus haut, remplacer le mouvement dans l'espace d'un corps entièrement libre, par deux mouvements, l'un de translation, l'autre de rotation autour d'un point de ce corps choisi arbitrairement. Pour appliquer à ce dernier mouvement les équations différentielles du mouvement de rotation autour d'un point fixe, il faut joindre aux forces accélératrices données qui agissent sur tous les points du mobile, une force constamment égale et contraire à celle qui a réellement lieu dans le mouvement du point que l'on a pris pour le centre de la rotation. Or, les forces motrices de tous les points du corps, provenant de l'addition de cette force accélératrice, partout égale et parallèle comme la pesanteur, auront une résultante qui passera constamment par le centre de gravité du mobile. Si donc on a choisi ce point pour le centre de la rotation, cette résultante n'aura aucune influence sur ce mouvement, et disparaîtra de ses équations, qui sont celles des moments par rapport à ce

même point; d'où l'on conclut que les équations différentielles du mouvement de rotation d'un corps solide entièrement libre, autour de son centre de gravité, sont les mêmes que si ce point était immobile. D'un autre côté, les équations différentielles du mouvement de ce point dans l'espace, sont aussi les mêmes que si la masse entière du corps y était réunie, et que toutes les forces motrices données, qui agissent à chaque instant sur ses différents points, fussent transportées à ce centre, parallèlement à leurs directions. De là, il suit donc qu'en prenant le centre de gravité d'un corps solide pour le centre de son mouvement de rotation, ce mouvement et celui de translation qui ont lieu simultanément, sont indépendants l'un de l'autre, à une époque quelconque, pendant un temps infiniment petit. Mais dans un intervalle de temps de grandeur finie, l'un de ces deux mouvements influe généralement sur l'autre; il n'y a d'exception que dans le cas d'un corps libre, de figure quelconque, soumis à la seule action de la pesanteur, et dans le cas d'un corps sphérique, soumis à des forces quelconques d'attraction ou de répulsion : dans ces deux hypothèses particulières, la rotation est la même que si ces forces n'existaient pas, et le centre de gravité se meut comme un point matériel isolé, sollicité par des forces données. Dans tout autre cas, les équations différentielles du mouvement de rotation renferment les inconnues du mouvement de translation et réciproquement; en sorte que ces deux systèmes d'équations du second ordre doivent être considérés simultanément; ce qui rend sans doute impossible leur intégration rigoureuse. A l'origine de ce double mouvement, la vitesse du centre de gravité est toujours la même que si la masse du mobile était concentrée en ce point; et le produit

de cette vitesse et de cette masse donne la mesure de la percussion ou de la résultante des percussions qui ont été exercées sur ce corps solide. En même temps la direction de l'axe instantané de rotation et la vitesse angulaire du mobile sont les mêmes que si le centre de gravité était un point fixe.

Les deux grandes applications que l'on a faites des équations différentielles du double mouvement d'un corps libre, ont eu pour objet la *précession des équinoxes* et la *libration de la lune*. Newton a le premier assigné la cause de la précession, due au renflement de la terre à l'équateur, et aux actions du soleil et de la lune sur cette partie de notre globe. Mais quelque ingénieuses que soient les considérations dont il a fait usage pour évaluer la quantité de la précession d'après cette cause, elles ne pouvaient le conduire qu'à des résultats très-imparfaits sans le secours de l'analyse, perfectionnée par ses successeurs, et sans la connaissance des équations différentielles du mouvement d'un corps solide. En appliquant ces équations au sphéroïde terrestre, D'Alembert en a déduit la véritable valeur de la précession, et les lois exactes de la *nutation* de l'axe de la terre, découverte par Bradley, peu de temps auparavant. Cette inégalité périodique dépend de l'action de la lune sur notre globe, et du mouvement des nœuds de l'orbite du satellite; or, l'action des planètes sur la terre déplace le plan de l'écliptique et fait mouvoir les nœuds de l'écliptique vraie sur le plan fixe de l'écliptique à une époque donnée; ce mouvement et l'action du soleil sur le sphéroïde terrestre doivent donc aussi produire dans l'axe de la terre une inégalité semblable à la nutation. C'est, en effet, par cette considération que Laplace a complété la détermination du mouvement de l'équateur, et en a assigné les

inégalités à longues périodes, qui ne deviendront sensibles que dans un grand nombre de siècles. C'est aussi Laplace qui a rectifié, sous un autre rapport, la solution du problème de la précession, dont la mécanique céleste est redevable à D'Alembert. Les molécules de la mer cédant au moindre effort que l'on fait pour les déplacer, D'Alembert avait cru qu'elles n'entraînent pas avec elles la partie solide de la terre, et ne lui transmettent point l'action du soleil et de la terre qu'elles éprouvent; en sorte que, dans le calcul de la pression et dans l'évaluation du moment d'inertie de la terre, que son expression renferme, on devait faire abstraction de la partie fluide, pour ne tenir compte que de la partie solide du sphéroïde; mais, par un examen approfondi de la question, Laplace a reconnu que, par l'effet des pressions que l'eau exerce sur le fond de la mer, la communication du mouvement a lieu de la partie fluide à la partie solide; et il a démontré que le mouvement du corps entier est le même que si la première partie était solidifiée et attachée à la seconde.

L'Académie des Sciences ayant proposé la libration de la lune pour le prix de l'année 1769, Lagrange concourut, et le prix lui fut décerné, quoiqu'il n'ait pu déduire de son analyse dans cette première tentative, les lois de ce phénomène découvertes depuis long-temps par D. Cassini, et confirmées par les observations plus précises de T. Mayer (*). Mais ce Mémoire de Lagrange est un de ses plus importants ouvrages; et la *Mécanique Analytique,* publiée vingt ans après, doit

---

(*) Elles ont été vérifiées de nouveau, dans ces derniers temps, par les observations de MM. Bouvard et Arago.

en être regardée comme le développement. C'est là qu'il a proposé, pour la première fois, de combiner le principe de D'Alembert avec celui des vitesses virtuelles; ce qui conduit à une formule générale d'après laquelle on peut obtenir pour tous les systèmes de corps soumis à des forces données, les équations différentielles de leurs mouvements, réduites au moindre nombre d'inconnues indépendantes entre elles, et sous des formes diverses, selon le choix que l'on fait de ces inconnues. Dans chaque problème, ces équations se déduisent de la formule générale de Lagrange, par des procédés directs et uniformes; et la méthode que ce grand analyste a suivie pour cette déduction, a aussi l'avantage de donner, soit dans l'état d'équilibre, soit dans l'état de mouvement, les valeurs des forces intérieures et inconnues qui naissent de la liaison mutuelle des points du système, quand elle est exprimée par des équations entre leurs coordonnées. On a alors une idée parfaitement claire de ces forces et de leurs directions perpendiculaires aux surfaces déterminées par ces équations données; mais il n'en est plus de même lorsque le système est défini par la condition qu'une expression différentielle y soit considérée comme invariable; par exemple, l'angle de contingence que l'auteur prend pour cette expression dans le problème de la lame élastique, et l'élément différentiel du volume, dans le cas de l'équilibre des liquides. L'extension que Lagrange a donnée par analogie à sa méthode, en assimilant ce genre de conditions d'invariabilité à des équations entre les coordonnées des points du système, ne me semble pas offrir une idée nette des forces extérieures qu'il en déduit, et particulièrement de la pression des liquides et de la force d'élasticité : ces forces doivent être rapportées aux actions

moléculaires, ainsi que je l'ai expliqué dans d'autres occasions.

L'*analyse,* dans le sens spécial où ce mot est pris par les géomètres, est une suite de transformations de leurs formules, dans laquelle le raisonnement est en partie remplacé par le mécanisme du calcul. Ainsi définie, l'analyse mathématique, et surtout l'*analyse infinitésimale,* est une méthode d'investigation la plus féconde que les hommes aient créée. En elle réside une puissance véritable, que l'on ne peut bien connaître, à moins d'avoir employé cette méthode sous toutes les formes dont elle est susceptible, mais dont les effets peuvent être appréciés de tout le monde, par le nombre et la variété des questions de mécanique générale, de mécanique céleste, et de physique, que l'on a si heureusement résolues à l'aide de cet instrument de l'esprit humain, et que, sans son secours, personne n'eût jamais pu aborder. Le problème de la libration de la lune présente un exemple bien remarquable de l'usage et de la nécessité des transformations analytiques. Lagrange reprit cette question dans les Mémoires de Berlin, de 1780; par un changement de variables qu'il imagina, il sut ramener à la forme linéaire, les équations différentielles du mouvement de la lune autour de son centre de gravité; et de leurs intégrales complètes, il vit découler les lois de ce mouvement qu'il n'avait pas pu déterminer dans son premier Mémoire, faute d'avoir songé à cette transformation.

A cette seconde époque, la cause de l'accélération du moyen mouvement de la lune était encore inconnue; et, peu de temps auparavant, Lagrange avait même élevé quelque doute sur sa réalité. Mais, en 1787, Laplace fit voir que l'équation séculaire du satellite est due à la variation de l'excentricité de

la terre. Cette accélération étant donc prouvée par la théorie et par l'observation, on pouvait demander si elle ne troublerait pas, par la suite, l'égalité des deux mouvements moyens de la lune, autour de son centre de figure, et autour de la terre; or, Laplace a aussi montré que l'inégalité séculaire affecte également ces deux mouvements, et que, par conséquent, le phénomène de la libration en est indépendant. Outre les inégalités résultantes des circonstantes initiales du mouvement, et dont l'observation pourrait seule donner la mesure, le mouvement de l'équateur lunaire est aussi sujet à une variation due à des forces permanentes, que Lagrange avait regardée comme nulle, et que j'ai déduite de sa propre analyse, dans un Mémoire sur la libration du satellite, qui fait partie de la *Connaissance des temps* pour l'année 1821. Laplace a adopté et reproduit cette inégalité dans le tome V de la *Mécanique céleste*.

Les équations différentielles du mouvement des corps solides ont encore été appliquées à des questions beaucoup moins importantes que la libration de la lune et la précession des équinoxes : au problème du mouvement de la *toupie*, au mouvement des corps qui oscillent sur des plans fixes, ou qui tournent avec une grande rapidité sur des plans mobiles (*), aux petites oscillations des corps flottants. Dans ce dernier problème, le principe des forces vives fournit une règle générale qu'Euler a donnée dans le *Scientia navalis*, pour déterminer la condition et la mesure de la stabilité d'un corps à la surface de l'eau. Le même principe sert aussi à prouver que le

(*) *Traité de Mécanique*, tome II, page 218.

mouvement est stable autour de deux des axes principaux de rotation, passant par un point fixe quelconque de tout corps qui n'est soumis à aucune force accélératrice; en sorte qu'il y a toujours un écart primitif de l'axe instantané, à partir de l'une ou l'autre de ces deux droites, assez petit pour que le mobile ne fasse que de petites oscillations; et, de plus, l'équation des forces vives donne aussi les limites plus ou moins étroites de cet écart et de la grandeur de l'impulsion primitive; limites que l'on peut également déduire, ainsi que la loi des oscillations, de la solution complète du problème. Quant aux oscillations d'un corps flottant, un tant soit peu écarté de sa position d'équilibre stable, elles sont dues au poids du mobile appliqué à son centre de gravité, et à la pression du fluide exercée sur la partie immergée de sa surface. Réciproquement, le mouvement du corps produit des ondulations qui se propagent à la surface et dans l'intérieur du fluide; et cette communication continuelle d'une partie du mouvement du corps au fluide environnant, réduit graduellement le mobile à l'état de repos, en diminuant les amplitudes successives de ses oscillations. Jusqu'à présent, on a fait abstraction du mouvement du fluide, et de son influence réciproque sur celui du corps flottant; cependant il était intéressant de déterminer les lois de ces deux mouvements, liés l'un à l'autre; et j'y suis parvenu dans un Mémoire qui fera partie d'un prochain volume de l'Académie. Je me propose aussi, dans un autre Mémoire, d'appliquer les équations du mouvement d'un corps libre aux projectiles lancés dans l'air, et de déterminer l'influence de leur forme et de leur rotation sur la trajectoire décrite par le centre de gravité.

L'un des procédés de l'analyse dont les géomètres ont fait

le plus heureux usage, est, sans contredit, la méthode qui consiste à rendre variables les constantes arbitraires introduites d'abord par une intégration des équations du mouvement, où l'on n'avait point eu égard à une partie des forces qui agissent sur les mobiles. Pendant long-temps, cette méthode a seulement été employée pour le calcul des perturbations du mouvement elliptique des planètes et des comètes; mais, il y a vingt-cinq ans, elle a reçu toute l'extension dont elle est susceptible; et les derniers travaux de Lagrange ont enrichi la science d'un système de formules fondées sur la variation des constantes arbitraires, et applicables à tous les problèmes de la dynamique. Dans ces formules, les différences partielles, par rapport à ces constantes, d'une certaine fonction dépendante des forces perturbatrices, sont exprimées sous forme linéaire au moyen des différentielles de ces mêmes constantes. Lagrange démontre que les coefficients de ses équations ne contiennent pas le temps explicitement; ce qui rend les expressions qui s'en déduisent pour les différentielles des éléments, éminemment propres au calcul des perturbations produites par de petites forces, et surtout à la détermination des inégalités à longues périodes qui affectent les mouvements des corps célestes.

De mon côté, je suis parvenu à des formules inverses de celles de Lagrange, qui donnent les différentielles des constantes arbitraires, au moyen des différences partielles de la fonction perturbatrice, et dont les coefficients sont aussi des fonctions de ces constantes, indépendantes du temps, ainsi que je l'ai prouvé directement. En faisant l'application de ces formules au mouvement de rotation d'un corps solide de forme quelconque et au mouvement d'un point matériel autour

d'un point fixe, j'ai été conduit à ce résultat tout-à-fait inattendu, que les différentielles des constantes analogues dans ces deux mouvements, si différents l'un de l'autre, ont néanmoins des expressions tout-à-fait identiques; de manière que les équations de l'un de ces mouvements peuvent toujours se réduire à celles de l'autre, de même que le mouvement du pendule composé se ramène à celui du pendule simple. Dans mon Mémoire sur le mouvement de la terre autour de son centre de gravité (*), j'ai fait usage de ces six équations nouvelles du mouvement de rotation d'un corps solide, qui sont différentielles du premier ordre, mais d'une forme différente de celles qu'Euler a données. J'en ai déduit les résultats connus sur les mouvements de l'axe de la terre dans l'espace, ainsi que la permanence de ses pôles de rotation à sa surface et l'invariabilité de la vitesse angulaire, que j'avais déja démontrées, dans un autre Mémoire, plus rigoureusement qu'elles ne l'avaient été jusque là. Il est bien remarquable que les mêmes forces qui font décrire dans le ciel aux pôles de rotation de la terre, un cercle d'une grande étendue, à la vérité dans un temps très-long, soient impuissantes pour changer leur position à la surface, et qu'elles n'y produisent que des oscillations très-rapides, dont l'amplitude est insensible. A l'égard des inégalités résultant de la direction initiale de l'axe de rotation dans l'intérieur du sphéroïde, qui ont pu avoir lieu à l'origine du mouvement, la théorie en détermine seulement la période, dépendante de la différence des moments d'inertie, et qui serait d'environ un

---

(*) Tome VII de l'Académie.

an ; mais l'observation n'en a fait découvrir aucune trace, de sorte qu'elles ont sans doute disparu depuis long-temps ; et l'on peut regarder maintenant comme invariables la longitude et la latitude géographiques de chaque lieu déterminé de la surface du globe.

La vitesse de rotation de la terre étant également invariable, le jour sidéral l'est aussi, et la durée du jour moyen solaire ne change pas sensiblement ; ce qui est un point fondamental de l'astronomie, puisque cette durée est l'unité de temps qui sert à mesurer tous les mouvements célestes. Ce résultat de la théorie est, au reste, pleinement confirmé par les observations des anciennes éclipses de la lune, dont la connaissance nous est parvenue ; les plus éloignées ont été observées par les Chaldéens, et remontent aux années 719 et 720 avant l'ère chrétienne ; nos tables de la lune, en ayant égard à l'inégalité séculaire de son moyen mouvement, et aux inégalités semblables du périgée et du nœud que Laplace a découvertes, font voir que ces éclipses doivent avoir eu lieu effectivement à l'époque qui leur est assignée ; et l'on sait comment on en a conclu (*) que la durée du jour n'a pas varié d'un centième de seconde par siècle depuis cette époque, c'est-à-dire dans un intervalle de plus de 2500 ans.

Cet exposé, très-développé, des recherches successives des géomètres, sur le mouvement des corps solides, montre que la question est complétement résolue, en ce qui concerne la mécanique, et qu'elle ne présente plus que des difficultés de calcul intégral, relatives à chaque exemple particulier. On a

(*) *Traité de Mécanique*, tome II, page 196.

vu aussi que la solution de cet important problème est fondée sur les notions les plus simples et les plus claires de la rotation des corps en elle-même, et indépendamment des forces qui la produisent; que les équations différentielles du mouvement, comme on les obtient actuellement, résultent, presque sans aucun calcul, du principe de D'Alembert et des lois connues de la composition des moments; qu'elles ont d'ailleurs la forme la plus simple dont elles soient susceptibles; et, enfin, que les inconnues qu'on y fait entrer sont celles qui tiennent le plus immédiatement, soit à la position, soit à l'état du mobile à une époque quelconque, de sorte qu'on peut les regarder comme les inconnues essentielles de la question. Ce sont donc de nouvelles applications qu'il faut chercher, pour ajouter quelque chose à la dynamique des corps solides, et aussi pour perfectionner le calcul intégral. Le problème de la précession des équinoxes, quoiqu'il ait été l'objet de tant de travaux, offrait encore une de ces applications nouvelles. La solution ordinaire de ce problème suppose en effet que la vitesse du mouvement diurne ne soit pas nulle, ou seulement très-petite par rapport à celle du mouvement de chacun des astres qui agissent sur notre globe, ce qui a réellement lieu à l'égard du soleil et de la lune. Mais dans un Mémoire, qui fait partie de la *Connaissance des temps* pour l'année 1837, j'ai été curieux de déterminer la précession qui aurait lieu si la terre partait du repos, et qu'elle ne reçût de vitesse en aucun sens, à l'origine de son mouvement. Pour simplifier la question, j'ai supposé très-petite l'obliquité de l'écliptique, et j'ai eu seulement égard à l'action du soleil. On trouve alors, qu'à une exception près, la vitesse des équinoxes a constamment le même signe, et que leur mouvement est révolutif. Le

temps de leur révolution est indépendant de l'inclinaison de l'équateur, comme cela arriverait aussi dans le cas ordinaire, si cet angle était très-petit; mais il est beaucoup moindre, parce que sa grandeur est en raison inverse de la racine carrée de la différence des moments d'inertie, au lieu d'être en raison inverse de cette petite différence. On parvient également à ce résultat au moyen de la valeur en fonction du temps, de l'angle que fait l'intersection de l'équateur et de l'écliptique avec une ligne fixe, tracée sur le second plan; laquelle valeur se compose, comme dans le cas de la nature, d'une partie proportionnelle au temps qui croît indéfiniment, et d'une partie périodique, toujours renfermée entre des limites déterminées. Abstraction faite de cette inégalité, le mouvement des équinoxes est donc uniforme; mais il est direct ou rétrograde selon le signe de sa partie progressive; et ce signe dépend de la distance angulaire du soleil à l'équinoxe le plus voisin, qui avait lieu quand le mouvement a commencé. Dans le passage de la précession directe à la précession rétrograde, qui arrive lorsque cette distance initiale approche de 45°, le mouvement est un des plus singuliers que l'on puisse produire par des forces naturelles, c'est-à-dire par des forces qui ne soient pas des fonctions du temps choisies arbitrairement.

En général, par la transformation dont Lagrange a fait usage dans son second Mémoire sur la libration de la lune, on réduit à deux équations linéaires et du second ordre, celles du mouvement d'un solide de révolution, tournant autour de son centre de gravité, et soumis à l'action d'un centre d'attraction ou de répulsion, qui se meut à une grande distance de ce corps, dans un plan à très-peu près perpendiculaire à

son axe. A cause de la forme supposée au mobile, la composante de sa vitesse de rotation autour de son axe de figure est constante; et si le mouvement donné du centre attractif ou répulsif est circulaire et uniforme, et que sa vitesse angulaire soit égale à celle du mobile et dirigée dans le même sens, tous les coefficients des deux équations linéaires du mouvement sont constants; par conséquent, elles sont immédiatement intégrables par la méthode ordinaire. Dans tout autre cas, une partie de ces coefficients varie avec le temps; or, vu le petit nombre d'équations linéaires d'un ordre supérieur au premier, et à coefficients variables, que l'on sait intégrer sous forme finie, il y avait tout lieu de croire que le système des deux équations du problème ne pourrait plus s'intégrer que par approximation. Cependant j'ai reconnu qu'en supposant toujours uniforme et circulaire le mouvement du centre d'attraction ou de répulsion, ces équations sont encore intégrables, et que leurs intégrales complètes ont la même forme que si leurs coefficients étaient constants. D'après cette intégration, il m'a donc été possible de déterminer exactement les lois du mouvement qui dépend de ces deux équations différentielles, quel que soit le rapport de la vitesse du centre de force à celle du mouvement de rotation du corps, et quelle que soit aussi la différence de ses moments d'inertie; ce qui m'a conduit de nouveau, dans le cas où la seconde de ces deux vitesses est nulle, aux résultats que j'avais précédemment obtenus par la méthode laborieuse des approximations successives. Cette solution rigoureuse et générale du problème est l'objet principal que je me suis proposé dans ce Mémoire.

§ Ier.

Équations différentielles du mouvement de rotation d'un corps solide de forme quelconque, autour d'un point fixe.

(1) Je me bornerai ici à rappeler ces équations générales, et je renverrai, pour leur démonstration, au second volume de mon *Traité de Mécanique.*

Soit O le point fixe autour duquel a lieu la rotation, et qui fait partie du corps solide, ou qui lui est invariablement attaché. Par ce point, concevons trois axes rectangulaires OA, OB, OC, fixes dans l'intérieur du solide, mobiles autour du point O, et pour lesquels nous prendrons dans la suite les trois axes principaux de rotation qui se coupent en ce même point. Menons aussi par ce point O, un plan fixe, et une perpendiculaire Oz à ce plan. Nous supposerons, pour fixer les idées, que ce plan soit horizontal, et la droite Oz dirigée dans le sens de la pesanteur. Pour abréger, nous appellerons *équateur* du mobile la section de ce corps qui comprend les deux axes OA et OB, et nous nommerons *axe de figure* son diamètre sur lequel est porté le troisième axe OC, d'un côté déterminé de l'équateur.

Au bout d'un temps quelconque t, soit ON l'une des deux parties de l'intersection du plan de l'équateur et du plan horizontal, et désignons par ψ l'angle NOx, que fait cette intersection avec une droite fixe Ox menée dans le second plan, par le point O. Soient aussi, au même instant, φ l'angle

AON compris entre l'axe OA et la droite ON, et θ l'angle COz que fait l'axe OC avec la verticale Oz. Cet angle θ sera toujours positif, et ne dépassera jamais 180°; selon qu'il sera aigu ou obtus, l'axe OC se trouvera au-dessous ou au-dessus du plan horizontal, et cet angle, ou son supplément, exprimera l'inclinaison de l'équateur sur le plan fixe. Au contraire, les angles ψ et φ pourront être positifs ou négatifs, et s'étendre indéfiniment dans les deux sens; mais si l'on retranche de leurs valeurs les multiples de 360° qu'elles contiennent, on ne changera rien à la position du mobile, et ces valeurs seront réduites à des angles positifs qui n'excéderont pas 360°. On comptera alors l'angle ψ, sur le plan fixe, dans un sens convenu, à partir de la droite Ox; l'angle φ sera compté sur le plan mobile de l'équateur, au-dessus, par exemple, du plan horizontal, à partir de la droite ON. L'angle θ, aigu ou obtus, sera toujours l'angle dièdre compris entre ces deux angles plans ψ et φ, dont ON est le côté commun; et, selon que l'angle φ sera plus petit ou plus grand que 180°, l'axe OA auquel il aboutit se trouvera au-dessus ou au-dessous du plan horizontal.

On pourra prendre pour ON telle partie que l'on voudra de l'intersection de l'équateur et du plan fixe; et cela dépendra de la valeur que l'on attribuera à l'angle ψ, quand le mouvement commencera. On prendra aussi, pendant toute la durée du mouvement, pour OC et OA, la partie de l'axe de figure et celle de l'un des deux axes de l'équateur, que l'on aura choisies à l'origine, et déterminées par les valeurs initiales des angles θ et φ. Quant à la partie OB du second axe de l'équateur, nous supposerons que ce soit constamment celle qui fait l'angle NOB égal à $90° + \varphi$, avec la droite ON.

Cela posé, lorsque les trois angles φ, ψ, θ, seront connus en fonctions de t, ils détermineront sans aucune ambiguïté les directions des trois droites OA, OB, OC, et, par conséquent, la position du corps à un instant quelconque. Un point M du mobile étant défini par ses trois coordonnées, rapportées aux axes OA, OB, OC, on connaîtra aussi les coordonnées de M, relatives aux trois axes fixes Ox, Oz, Oy, dont le dernier est une droite menée dans le plan horizontal et perpendiculaire à Ox; ces dernières coordonnées s'exprimeront par des formules connues, en fonctions des trois premières, et des trois angles φ, ψ, θ; elles détermineront donc, à un instant quelconque, la position de M dans l'espace; et si l'on élimine le temps t entre ces trois formules, on aura les deux équations de la trajectoire décrite par ce point.

(2) Au bout du même temps t, désignons par ω la vitesse angulaire du mobile, supposons que la droite OI soit une partie de son axe instantané de rotation, et représentons par $\frac{p}{\omega}$, $\frac{q}{\omega}$, $\frac{r}{\omega}$, les trois cosinus des angles que fait cette droite avec les trois axes OA, OB, OC; on aura

$$p = \omega \cos. \text{AOI}, \quad q = \omega \cos. \text{BOI}, \quad r = \omega \cos. \text{COI};$$

par conséquent

$$\omega^2 = p^2 + q^2 + r^2;$$

et les variables p, q, r, seront les trois composantes de la vitesse ω autour de ces axes.

Le signe de ω sera ambigu : je supposerai que cette quantité soit toujours positive; les valeurs positives ou négatives de p, q, r, détermineront, sans ambiguïté, la direction de la

partie OI de l'axe instantané à laquelle elles répondent; je prendrai, pour cette partie OI, celle qui rend la valeur de r positive ou négative, selon que cette vitesse tend à augmenter ou à diminuer l'angle φ, ou, autrement dit, selon que le corps tournera autour de son axe de figure, dans le sens où l'angle φ est compté sur son équateur, ou en sens contraire; ce qui suffira pour définir la partie OI de l'axe instantané.

Quand les valeurs de p, q, r, seront connues en fonctions de t, on en déduira sans difficulté les coordonnées rapportées aux axes OA, OB, OC, du point P, où la droite OI rencontre la surface du mobile, dont l'équation sera donnée dans chaque exemple, en coordonnées relatives aux mêmes axes. En éliminant le temps t, entre les expressions de ces coordonnées de P, on obtiendra les deux équations de la courbe que ce point décrit sur cette surface. Les valeurs de φ, ψ, θ, en fonctions de t, étant aussi connues, on en conclura les coordonnées de P rapportées aux axes fixes Ox, Oy, Oz, et par l'élimination de t entre leurs valeurs, on obtiendra également les deux équations de la trajectoire de ce point dans l'espace.

Si l'on appelle η l'angle IOC compris entre l'axe de figure du mobile et son axe instantané de rotation, et que l'on représente par ζ l'angle que fait le plan de ces deux droites avec celui des deux axes OA et OC, on aura, à un instant quelconque,

$$p = \omega \sin. \eta \cos. \zeta, \quad q = \omega \sin. \eta \sin. \zeta, \quad r = \omega \cos. \eta. \qquad (\alpha)$$

L'angle ζ pourra être positif ou négatif, et s'étendre indéfiniment; après l'avoir réduit à un angle positif et moindre que 360°, en en retranchant le multiple de 360° qu'il

contiendra, on le comptera sur le plan de l'équateur, à partir de OA, dans le même sens que l'angle φ, à partir de ON; en sorte que la somme $\varphi+\zeta$ sera la distance angulaire de la projection de l'axe instantané sur ce plan, à la droite ON. L'angle η, au contraire, ne pourra s'étendre que depuis zéro jusqu'à 180°; son sinus sera toujours positif, et aura pour valeur

$$\sin.\eta=\sqrt{\frac{p^2+q^2}{p^2+q^2+r^2}}.$$

Enfin, si l'on veut connaître, à un instant quelconque, la distance angulaire de l'axe instantané OI à une droite fixe, par exemple à la verticale Oz, on aura, d'après une formule connue,

$$\cos.\mathrm{IO}z=\frac{p}{\omega}\cos.\mathrm{AO}z+\frac{q}{\omega}\cos.\mathrm{BO}z+\frac{r}{\omega}\cos.\mathrm{CO}z.$$

Or, il est aisé de voir que la projection de Oz sur le plan de l'équateur, fait avec l'axe OA un angle égal à $3.90°-\varphi$; l'angle COz étant d'ailleurs égal à θ, on aura donc

$$\cos.\mathrm{AO}z=\sin.\theta\cos.(3.90°-\varphi)=-\sin.\theta\sin.\varphi,$$
$$\cos.\mathrm{BO}z=\sin.\theta\sin.(3.90°-\varphi)=-\sin.\theta\cos.\varphi,$$
$$\cos.\mathrm{CO}z=\cos.\theta;$$

et si l'on appelle I l'angle IOz, il en résultera

$$\cos.\mathrm{I}=\frac{r}{\omega}\cos.\theta-\frac{q}{\omega}\sin.\theta\cos.\varphi-\frac{p}{\omega}\sin.\theta\sin.\varphi. \qquad (\beta)$$

(3) Le problème du mouvement de rotation consistera maintenant à déterminer en fonctions de t les valeurs des six

inconnues φ, ψ, θ, p, q, r, ou du moins à former les six équations différentielles dont ces valeurs dépendent.

Trois de ces équations sont indépendantes des forces données, qui sont appliquées aux différents points du mobile. Elles expriment les valeurs de pdt, qdt, rdt, au moyen de celles des angles φ, ψ, θ, et de leurs différentielles. Ces équations sont

$$\left.\begin{aligned} pdt &= \sin.\theta \sin.\varphi\, d\psi - \cos.\varphi\, d\theta, \\ qdt &= \sin.\theta \cos.\varphi\, d\psi + \sin.\varphi\, d\theta, \\ rdt &= d\varphi - \cos.\theta\, d\psi. \end{aligned}\right\} \qquad (\gamma)$$

La troisième montre, par exemple, que si l'on considère le plan fixe qui coïncide, au bout du temps t, avec le plan mobile de l'équateur, rdt sera la projection, sur ce plan fixe, de l'angle décrit pendant l'instant dt, par le rayon OA de l'équateur; car si la droite ON était immobile pendant cet instant, cette projection serait $d\varphi$; mais la droite ON décrivant l'angle $d\psi$ pendant ce même instant sur le plan horizontal, il faut évidemment retrancher de $d\varphi$ la projection $\cos.\theta\, d\psi$ de cet angle, sur le plan de l'équateur au commencement de cet instant, pour avoir la valeur complète de la projection sur ce dernier plan, de l'angle décrit par l'axe OA. Cela suppose, comme on vient de le dire, que la vitesse r tend à augmenter l'angle φ, et que les angles φ et ψ sont comptés à partir des droites ON et Ox, ainsi qu'on l'a expliqué plus haut.

Pour former les trois autres équations différentielles du mouvement, je prends pour OA, OB, OC, les trois axes principaux du mobile qui se coupent au point fixe O; puis je désigne par A, B, C, les trois moments d'inertie du corps, par rap-

port à ces trois axes, et par x_1, y_1, z_1, les trois coordonnées d'un élément quelconque dm de sa masse, rapportées à ces mêmes axes. Au bout du temps t, je représente par X_1, Y_1, Z_1, les trois composantes parallèles à ces axes, et tendantes à augmenter x_1, y_1, z_1, de la force accélératrice donnée, qui agit sur cet élément. Soient aussi, au même instant, P, Q, R, les moments des forces motrices de tous les éléments du corps, par rapport aux trois axes mobiles OA, OB, OC, de sorte qu'on ait

$$\int (x_1 Y_1 - y_1 X_1)\, dm = R,$$
$$\int (z_1 X_1 - x_1 Z_1)\, dm = Q,$$
$$\int (y_1 Z_1 - z_1 Y_1)\, dm = P,$$

en étendant les intégrales à la masse entière. Les trois équations demandées seront

$$\left.\begin{aligned} C\,dr + (B-A)\,pq\,dt &= R\,dt, \\ B\,dq + (A-C)\,rp\,dt &= Q\,dt, \\ A\,dp + (C-B)\,qr\,dt &= P\,dt. \end{aligned}\right\} \quad (\delta)$$

Les six intégrales complètes de ces équations (γ) et (δ) renfermeront six constantes arbitraires. On comptera le temps t à partir de l'origine du mouvement; et trois de ces constantes se détermineront au moyen des valeurs données de ψ, φ, θ, à cette époque, ou relatives à $t=o$. Dans ce Mémoire, nous supposerons aussi les valeurs de p, q, r, données pour $t=o$; ce qui servira à déterminer les trois autres constantes. Mais il sera bon d'expliquer comment on obtient les valeurs initiales de ces trois vitesses p, q, r, d'après les percussions qui peuvent être exercées sur le mobile à l'origine du mouvement.

(4) Les axes OA, OB, OC, étant les trois axes principaux du mobile, si l'on prend, par rapport à ces droites, les moments des quantités de mouvement dont tous les points sont animés à une époque quelconque, on démontre, comme nous l'avons dit dans le préambule de ce Mémoire, que les sommes de ces moments sont respectivement égales aux produits Ap, Bq, Cr, pourvu que l'on ait soin de prendre les moments avec le signe + ou avec le signe —, selon que les quantités de mouvement font tourner le corps autour des axes OA, OB, OC, dans le sens des vitesses p, q, r, ou en sens contraire. Si donc on appelle G le *moment principal* par rapport au point O, des quantités de mouvement de tous les points du corps au bout du temps t, on aura

$$G^2 = A^2 p^2 + B^2 q^2 + C^2 r^2;$$

et si OM est une partie de l'axe de ce moment principal, ou de la perpendiculaire à son plan, on aura aussi

$$Ap = G \cos. AOM, \quad Bq = G \cos. BOM, \quad Cr = G \cos. COM;$$

équations dans lesquelles on considérera G comme une quantité positive, et qui détermineront complétement la direction de l'axe OM par rapport aux axes mobiles OA, OB, OC. Il y a aussi d'autres formules qui déterminent cette direction par rapport aux axes fixes Ox, Oy, Oz, au moyen de p, q, r, et des angles φ, ψ, θ; de sorte que l'on connaîtra, sans difficulté, les coordonnées rapportées à ces deux systèmes d'axes rectangulaires, du point où la droite OM rencontre la surface du mobile, et conséquemment, par l'élimination du temps, les

équations de la courbe décrite par le point de rencontre, soit sur cette surface, soit dans l'espace.

Maintenant, supposons qu'à l'origine du mouvement, des percussions soient exercées sur le mobile, et désignons par F, F′, F″, etc., les quantités de mouvement données en grandeur et en direction, que ces forces imprimeraient à différentes parties du corps, si ces parties étaient libres et indépendantes les unes des autres. Les forces F, F′, F″, etc., devant faire équilibre aux quantités de mouvement initiales de tous les points du corps, prises en sens contraire de leurs directions, si l'on forme les sommes des moments de F, F′, F″, etc., par rapport aux axes OA, OB, OC, en ayant soin de prendre avec des signes contraires, les moments des forces qui tendent à faire tourner en sens contraire autour de ces droites, ces sommes seront égales aux produits Ap, Bq, Cr, et feront connaître, par conséquent, les valeurs de p, q, r, qui répondent à $t=o$.

S'il n'y a, par exemple, qu'une seule percussion initiale F, et qu'on représente par f la perpendiculaire abaissée du point O sur sa direction, on aura

$$G=Ff;$$

le plan de cette direction et du point O sera celui du moment principal, à l'origine du mouvement; et c'est sur la perpendiculaire à ce plan que l'on prendra l'axe OM. A cette époque, la direction du plan de l'équateur sera aussi donnée. Ayant donc pris pour OC une partie déterminée de la perpendiculaire à ce second plan, et observant que les moments se décomposent suivant la même loi que les forces, on aura

$$Cr=Ff\cos. MOC$$

pour la valeur initiale du moment par rapport à l'axe OC. Mais pour que la force F puisse faire équilibre aux quantités initiales de mouvement de tous les points du corps, prises en sens contraire de leurs directions, il faudra évidemment que ces quantités de mouvement, prises dans leurs véritables directions, fassent tourner le corps autour de OC dans le même sens que la projection de la force F sur le plan de l'équateur; par conséquent le sens de la percussion F fera connaître celui de la vitesse initiale r. Or, si l'on a déterminé à volonté le sens suivant lequel l'angle ψ est compté sur le plan horizontal, le sens de l'angle φ, sur le plan de l'équateur, sera également déterminé, comme on l'a dit plus haut; on saura donc s'il est le même que celui de r, ou contraire au sens de cette vitesse; et d'après ce qu'on a aussi dit précédemment sur le signe de cette vitesse, la valeur initiale de r sera positive dans le premier cas, et négative dans le second. Le signe de r fera connaître si l'on doit prendre pour OM la partie de la perpendiculaire au plan de O et de la direction de F, qui fait un angle aigu avec l'axe OC, ou celle qui fait un angle obtus. Cette partie étant ainsi déterminée, on saura si les angles MOA et MOB sont aigus ou obtus, et l'on connaîtra les valeurs initiales et les signes des moments $\text{A}p$ et $\text{B}q$, et des vitesses p et q, au moyen des équations

$$\text{A}p = \text{F}f \cos.\text{MOA}, \quad \text{B}q = \text{F}f \cos.\text{MOB},$$

semblables à la précédente.

Les valeurs positives ou négatives de p, q, r, déterminées par ces trois équations, feront connaître immédiatement la direction initiale de l'axe instantané, et la partie de cette

droite que l'on devra prendre pour OI. Pour que le corps commence à tourner autour d'un axe principal, il faudra, et il suffira, d'après ces équations, que le plan de la force F et du point O soit perpendiculaire à cet axe. Réciproquement, le corps ne commencera à tourner autour d'une droite perpendiculaire au plan du choc primitif et du point O, que quand cette ligne sera un des trois axes principaux.

Si le mobile est choqué, à l'origine du mouvement, par un ou plusieurs corps qui s'en détachent après la percussion, les valeurs et les directions de F, F′, F″, etc., ne seront plus données. Il faudra alors déterminer les valeurs et les signes des vitesses p, q, r, qui répondent à $t=o$, au moyen des formules relatives au choc des corps de formes quelconques, élastiques ou dénuées d'élasticité, que j'ai exposées dans un chapitre de mon *Traité de Mécanique*.

(5) Lorsque les points du mobile ne sont soumis à aucune force accélératrice, on a

$$X_1=o,\ Y_1=o,\ Z_1=o,\quad P=o,\ Q=o,\ R=o,$$

ce qui réduit les équations (δ) à

$$\left.\begin{array}{l} C\,dr+(B-A)pq\,dt=o, \\ B\,dq+(A-C)rp\,dt=o, \\ A\,dp+(C-B)qr\,dt=o; \end{array}\right\}\qquad(\varepsilon)$$

réductions qui auront encore lieu quand les forces motrices de tous les points du corps auront une résultante passant constamment par le point O, ainsi que cela arrivera dans le cas d'un corps pesant dont O sera le centre de gravité, et dans le cas d'un corps composé de couches sphériques, dont O sera le centre commun, et dont tous les points seront

soumis à des forces dirigées vers des centres fixes ou mobiles et données en fonctions des distances.

On déduit sans difficulté de ces équations (ε), les deux intégrales

$$\left.\begin{array}{l} Ap^2 + Bq^2 + Cr^2 = h, \\ A^2p^2 + B^2q^2 + C^2r^2 = k, \end{array}\right\} \quad (\varphi)$$

dans lesquelles h et k sont des constantes arbitraires essentiellement positives. Ces intégrales déterminent deux des trois inconnues p, q, r, au moyen de la troisième; par exemple, les valeurs de p et q en fonctions de r. En les substituant dans la première équation (δ), on en tirera ensuite une valeur de dt, de la forme $dt = fr\,dr$; ce qui réduit aux quadratures la détermination de t en fonctions de r.

Le premier membre de la première équation (φ) est la somme des forces vives de tous les points du corps, et cette équation résulte du principe général *de la conservation des forces vives,* appliqué au mouvement que nous considérons. La seconde équation (φ) résulte de même du principe général de la *conservation des aires.* En vertu de ce second principe, la somme des moments des quantités de mouvement de tous les points du corps, rapportés à un axe fixe quelconque, passant par ce point, est constante. Si l'on prend successivement pour cette droite les trois axes Ox, Oy, Oz, il en résultera trois intégrales des équations (γ) et (δ), qui se réduiront à deux équations distinctes, à raison de la seconde équation (φ). Il en résulte aussi que l'axe OM du moment principal demeurera immobile pendant toute la durée du mouvement; on peut donc le faire coïncider avec l'axe fixe Oz; ce qui rend nulles deux constantes arbitraires, et permet de

déterminer immédiatement, au moyen des équations des aires, les angles φ et θ en fonctions de r. En substituant ces valeurs et celle de dt dans la troisième équation (γ), on obtient une valeur de $d\psi$ telle que $d\psi = \mathrm{F} r\, dr$; au moyen de quoi la détermination de l'angle ψ en fonction de r, se trouve aussi ramenée aux quadratures.

Telle est, succinctement, la solution générale du problème de la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe, quand le mobile est abandonné à lui-même, et que ses points ne sont sollicités par aucune force accélératrice. La détermination du temps et des six inconnues φ, ψ, θ, p, q, r, en fonction de l'une d'elles, se trouve réduite à celle de deux intégrales $\int f r\, dr$ et $\int \mathrm{F} r\, dr$, qui ne sont pas possibles, en général, sous forme finie, mais que l'on peut toujours exprimer en *fonctions elliptiques*.

Non seulement l'axe OM du moment principal des quantités de mouvement de tous les points du corps conserve toujours la même direction, mais aussi la vitesse du mobile autour de cette droite est constante. Les lois de la composition des vitesses angulaires de rotation étant les mêmes que celles des vitesses absolues de translation, si l'on appelle μ la composante de ω autour de OM, on aura

$$\mu = p \cos. \mathrm{MOA} + q \cos. \mathrm{MOB} + r \cos. \mathrm{MOC},$$

puisque p, q, r, sont également les composantes de ω autour des axes OA, OB, OC. Or, au moyen des intégrales que fournit la considération des aires décrites autour des axes

fixes Ox, Oy, Oz, et en ayant égard à la première équation (φ), on transforme aisément cette valeur de μ en celle-ci :

$$\mu = \frac{h}{k};$$

ce qui montre que la vitesse angulaire autour de l'axe du plus grand moment, c'est-à-dire autour du plan de la percussion primitive et du point O, est constamment égale à la somme des forces vives de tous les points du corps, divisée par ce moment *maximum*, ou par le moment de cette percussion par rapport au point O; propriété de l'axe du moment principal que Lagrange a remarquée le premier. Les équations (φ) donnent également lieu à des théorèmes qui sont aussi énoncés dans mon *Traité de Mécanique*.

§ IIe.

Axes principaux de rotation.

(6) Les axes principaux du mobile qui se coupent au point O, sont trois droites rectangulaires telles qu'en les prenant pour axes des coordonnées $x_{\prime}, y_{\prime}, z_{\prime}$, d'un élément quelconque dm de la masse du corps, on a les trois équations

$$\int x_{\prime} y_{\prime}\, dm = 0, \quad \int z_{\prime} x_{\prime}\, dm = 0, \quad \int y_{\prime} z_{\prime}\, dm = 0, \quad \text{(A)}$$

dans lesquelles les intégrales s'étendent à la masse entière. Indépendamment de cette propriété, les axes principaux ont

aussi d'autres propriétés relatives à la rotation des corps, dont il ne sera pas question maintenant. Je vais démontrer l'existence de ces trois axes, et en déterminer les directions par une analyse semblable à celle que j'ai employée dans mon Mémoire sur *l'attraction d'un ellipsoïde homogène,* pour faire disparaître les rectangles des coordonnées dans l'équation générale des surfaces du second degré. Cette analyse est plus symétrique, et réellement plus simple, que celle dont on se sert le plus ordinairement pour cet objet et dont j'ai fait usage dans mon *Traité de Mécanique.*

Nous aurons besoin, pour cela, des formules de la transformation des coordonnées rectangulaires. Or, si l'on appelle $x, y, z,$ les trois coordonnées du même élément dm, rapportées à d'autres axes Ox, Oy, Oz, ces formules seront

$$\left.\begin{aligned} x_{,} &= ax + by + cz, \\ y_{,} &= a'x + b'y + c'z, \\ z_{,} &= a''x + b''y + c''z; \end{aligned}\right\} \qquad (B)$$

a, b, etc., désignant les cosinus des neuf angles compris entre les axes des $x, y, z,$ et ceux des $x_{,}, y_{,}, z_{,}$, de sorte qu'on ait

$$a = \cos. xOx_{,}, \quad b = \cos. yOx_{,}, \text{ etc.}$$

Ces neuf cosinus sont liés entre eux par six équations résultantes de ce que les axes Ox, Oy, Oz, sont rectangulaires, ainsi que les axes $Ox_{,}$, $Oy_{,}$, $Oz_{,}$. On a, pour ces six équations,

$$\left.\begin{aligned}
a^2 + b^2 + c^2 &= 1,\\
a'^2 + b'^2 + c'^2 &= 1,\\
a''^2 + b''^2 + c''^2 &= 1,\\
a'a'' + b'b'' + c'c'' &= 0,\\
aa'' + bb'' + cc'' &= 0,\\
aa' + bb' + cc' &= 0.
\end{aligned}\right\} \quad (C)$$

Comme il faut trois quantités arbitraires et indépendantes entre elles, telles que les angles φ, ψ, θ, du n° 1, pour déterminer la position de l'un des systèmes d'axes, par rapport à l'autre, il s'ensuit que trois des quantités a, b, etc., doivent rester indéterminées, et que ces neuf cosinus ne peuvent être liés entre eux par aucune autre équation distincte des précédentes; ou, autrement dit, il en résulte que toutes les autres relations qui auront lieu entre ces neuf quantités rentreront implicitement dans les équations (C), et y satisferont, sans y ajouter aucune nouvelle condition. Parmi ces relations, on a celles-ci :

$$\left.\begin{aligned}
c'' &= b'a - ba', & b'' &= a'c - ac', & a'' &= c'b - cb',\\
c' &= ba'' - b''a, & b' &= ac'' - a''c, & a' &= cb'' - c''b,\\
c &= b''a' - b'a'', & b &= a''c' - a'c'', & a &= c''b' - c'b'',
\end{aligned}\right\} \quad (D)$$

qui nous serviront tout à l'heure, et qui pourront aussi être utiles dans beaucoup d'autres occasions.

Pour démontrer la première de ces équations (D), je considère l'angle trièdre dont ON, Ox, Ox_1, sont les trois arêtes. Deux des angles plans dont il est formé sont, d'après les notations du n° 1,

$$\text{NO}x = \psi, \quad \text{NO}x_1 = \varphi,$$

et θ est l'angle dièdre qu'ils comprennent. Le cosinus de l'angle plan xOx_1, opposé à θ, étant a, on aura donc, en vertu de l'équation fondamentale de la trigonométrie sphérique,

$$a = \cos.\theta \sin.\psi \sin.\varphi + \cos.\psi \cos.\varphi.$$

Dans cette équation, si l'on met $\varphi + 90°$ à la place de φ, l'arête Ox_1 se changera en Oy_1, le cosinus a en a', et l'on aura

$$a' = \cos.\theta \sin.\psi \cos.\varphi - \cos.\psi \sin.\varphi.$$

L'axe Oy étant perpendiculaire à Ox, dans le plan horizontal du n° 1, l'angle NOy peut être $90° + \psi$ ou $90° - \psi$, selon le sens dans lequel cet axe Oy est dirigé; je supposerai que ce soit la première valeur de NOy qui ait lieu; et en mettant alors $\psi + 90°$ à la place de ψ, dans les deux équations précédentes, l'axe Ox se changera en Oy, les deux cosinus a et a' deviendront b et b', et nous aurons

$$b = \cos.\theta \cos.\psi \sin.\varphi - \sin.\psi \cos.\varphi,$$
$$b' = \cos.\theta \cos.\psi \cos.\varphi + \sin.\psi \sin.\varphi.$$

Or, de ces quatre équations, on conclut

$$b'a - ba' = \cos.\theta;$$

ce qui coïncide avec la première équation (D) à cause de

$$\cos.zOz_1 = \cos.\theta = c''.$$

On démontrerait de même chacune des autres équations (D). Mais on peut aussi remarquer que si l'on fait tourner les axes des x, y, z, de sorte que Ox prenne la place de Oy, l'axe Oy celle de Oz, l'axe Oz celle de Ox, les cosinus a, b, c, se changeront respectivement en c, a, b, les cosinus a', b', c', en c', a', b', les cosinus a'', b'', c'', en c'', a'', b''; de même, en faisant tourner les axes Ox_1, Oy_1, Oz_1, de manière que Ox_1 aille prendre la place de Oy_1, l'axe Oy_1 celle de Oz_1, l'axe Oz_1 celle de Ox_1, les cosinus a, a', a'', se changeront respectivement en a'', a, a', les cosinus b, b', b'', en b'', b, b', les cosinus c, c', c'', en c'', c, c'; et au moyen de ces deux sortes de permutations tournantes (*), toutes les équations (O) se déduiront de l'une quelconque d'entre elles, qu'il suffira d'avoir démontrée.

(7) Maintenant il s'agira de prouver que l'on peut satisfaire simultanément aux équations (A) et (C) par des valeurs réelles des neuf quantités a, b, etc., et de les déterminer.

Je substitue donc les formules (B) à la place de x_1, y_1, z_1, dans les équations (A); en faisant, pour abréger,

$$\int x^2 dm = \mathrm{D}, \quad \int y^2 dm = \mathrm{E}, \quad \int z^2 dm = \mathrm{F},$$

$$\int yz\, dm = \mathrm{D}', \quad \int zx\, dm = \mathrm{E}', \quad \int xy\, dm = \mathrm{F}',$$

il en résultera

(*) *Traité de Mécanique*, t. I, p. 37.

$$\left.\begin{array}{l}
\quad D a a' + E b b' + F c c' \\
+ D'(b c' + b' c) + E'(a c' + a' c) + F'(a b' + a' b) = 0, \\
\quad D a a'' + E b b'' + F c c'' \\
+ D'(b c'' + b'' c) + E'(a c'' + a'' c) + F'(a b'' + a'' b) = 0, \\
\quad D a' a'' + E b' b'' + F c' c'' \\
+ D'(b' c'' + b'' c') + E'(a' c'' + a'' c') + F'(a' b'' + a'' b') = 0;
\end{array}\right\} \text{(E)}$$

et les intégrales s'étendant toujours à la masse entière du corps, si nous faisons aussi

$$\int x_{\text{,}}^2 dm = U, \quad \int y_{\text{,}}^2 dm = U', \quad \int z_{\text{,}}^2 dm = U'',$$

nous aurons en même temps, d'après ces formules (B),

$$\left.\begin{array}{l}
U = D a^2 + E b^2 + F c^2 + 2D' b c + 2E' a c + 2F' a b, \\
U' = D a'^2 + E b'^2 + F c'^2 + 2D' b' c' + 2E' a' c' + 2F' a' b', \\
U'' = D a''^2 + E b''^2 + F c''^2 + 2D' b'' c'' + 2E' a'' c'' + 2F' a'' b''.
\end{array}\right\} \text{(F)}$$

Cela posé, en vertu des deux dernières équations (C), on a

$$a a'' = -b b'' - c c'', \quad a a' = -b b' - c c';$$

les trois premiers termes des deux premières équations (E) pourront donc être remplacés par

$$(E - D) b b' + (F - D) c c', \quad (E - D) b b'' + (F - D) c c'';$$

et, d'après cela, si l'on élimine successivement E—D et F—D, entre ces deux équations, il en résultera

$$\begin{aligned}&\left[(F-D)c+D'b+E'a\right](b'c''-b''c')\\&\quad+(E'c+F'b)(a''b'-a'b'')=0,\\&\left[(E-D)b+D'c+F'a\right](b'c''-b''c')\\&\quad+(E'c+F'b)(a'c''-a''c')=0;\end{aligned}$$

ou bien, en vertu des équations (D),

$$\begin{aligned}(F-D)\,ac&=(F'c-D'a)\,b+E'(c^2-a^2),\\(E-D)\,ab&=(E'b-D'a)\,c+F'(b^2-a^2).\end{aligned}$$

En ayant égard à la première équation (C), on peut écrire la première équation (F) sous la forme :

$$U-D=(E-D)b^2+(F-D)c^2+2D'bc+2E'ac+2F'ab.$$

Je multiplie cette équation par a, puis j'y substitue les valeurs précédentes de $(F-D)ac$ et $(E-D)ab$; et, en vertu de la première équation (C), il vient simplement

$$(U-D)\,a=E'c+F'b.$$

On trouvera de même

$$\begin{aligned}(U-F)\,c&=D'b+E'a,\\(U-E)\,b&=F'a+D'c;\end{aligned}$$

équations qui se déduisent aussi de la précédente par des transformations tournantes de D, E, F, de D′, E′, F′, de a, b, c, correspondantes à celles des coordonnées x, y, z, que l'on a indiquées plus haut. Or, en faisant le produit de ces trois

équations, retranchant de ce produit la somme de ces mêmes équations multipliées respectivement par D'^2cb, F'^2ab, E'^2ac, et supprimant le facteur abc commun à tous les termes, on trouve

$$(U-D)(U-E)(U-F)-(U-D)D'^2-(U-E)E'^2 \\ -(U-F)F'^2-2D'E'F'=0; \qquad (G)$$

équation qui ne contient plus que l'inconnue U et des quantités données.

Les deux équations précédentes donnent aussi

$$b=\frac{[E'D'+(U-F)F']a}{(U-E)(U-F)-D'^2},$$
$$c=\frac{[F'D'+(U-E)E']a}{(U-E)(U-F)-D'^2};$$

et, en combinant ces valeurs de b et c avec la première équation (C), on en déduit

$$\left.\begin{aligned} a&=\frac{1}{\Delta}\left[(U-E)(U-F)-D'^2\right],\\ b&=\frac{1}{\Delta}\left[E'D'+(U-F)F'\right],\\ c&=\frac{1}{\Delta}\left[F'D'+(U-E)E'\right],\end{aligned}\right\} \qquad (H)$$

où l'on a fait, pour abréger,

$$\Delta^2=\left[(U-E)(U-F)-D'^2\right]^2 \\ +\left[E'D'+(U-F)F'\right]^2+\left[F'D'+(U-E)E'\right]^2.$$

On donnerait facilement une forme symétrique à ce système de valeurs de a, b, c; mais les formules (H) sont préférables, parce qu'elles ont un dénominateur commun Δ.

Par des calculs semblables à ceux que l'on vient d'exécuter, et parce que tout doit être semblable par rapport aux axes des $x_{\prime}, y_{\prime}, z_{\prime}$, il est évident qu'on obtiendra deux autres équations, qui ne différeront de l'équation (G), qu'en ce qu'elles contiendront l'une U' et l'autre U'' au lieu de U; d'où l'on conclut que U, U', U'', seront les trois racines de l'équation

$$(u-\mathrm{D})(u-\mathrm{E})(u-\mathrm{F})-(u-\mathrm{D})\mathrm{D}'^2-(u-\mathrm{E})\mathrm{E}'^2 \\ -(u-\mathrm{F})\mathrm{F}'^2-2\mathrm{D}'\mathrm{E}'\mathrm{F}'=0, \quad \text{(I)}$$

résolue par rapport à u.

Il est encore évident que les valeurs de a', b', c', devront être données en fonctions de U', et celles de a'', b'', c'', en fonctions de U'', par les mêmes formules qui déterminent a, b, c, en fonctions de U, c'est-à-dire par les formules (H) dans lesquelles on mettra successivement U' et U'' à la place de U.

(8) Il ne reste plus actuellement qu'à démontrer la réalité des trois racines de l'équation (I); et, pour cela, au lieu de rendre nulles à la fois les intégrales relatives aux trois rectangles des coordonnées, on en fera d'abord disparaître une seule, et ensuite les deux autres.

Pour effectuer la première opération, soit ε un angle indéterminé, et faisons

$$y=y'\cos.\varepsilon-z'\sin.\varepsilon, \quad z=z'\cos.\varepsilon+y'\sin.\varepsilon,$$

ou, réciproquement,

$$y' = y \cos. \varepsilon + z \sin. \varepsilon, \quad z' = z \cos. \varepsilon - y \sin. \varepsilon.$$

Si l'on fait aussi

$$G = \int y'^2 dm, \quad H = \int z'^2 dm, \quad G' = \int x z' dm, \quad H' = \int x y' dm,$$

on aura, d'après les équations précédentes,

$$\begin{aligned} G &= E \cos.^2 \varepsilon + F \sin.^2 \varepsilon + 2 D' \cos. \varepsilon \sin. \varepsilon, \\ H &= E \sin.^2 \varepsilon + F \cos.^2 \varepsilon - 2 D' \cos. \varepsilon \sin \varepsilon, \\ G' &= E' \cos. \varepsilon - F' \sin. \varepsilon, \\ H' &= E' \sin. \varepsilon + F' \cos. \varepsilon; \end{aligned}$$

et l'équation que l'on obtient en égalant l'intégrale $\int y' z' dm$ à zéro, sera

$$2 D' \cos. 2\varepsilon = (E - F) \sin. 2\varepsilon;$$

d'où l'on tirera pour ε une valeur réelle, qui rendra aussi réelles les valeurs de G, H, G, H.

Cette transformation des coordonnées x, y, z, dans les coordonnées x, y', z', étant effectuée, si l'on veut appliquer les formules du numéro précédent, il y faudra mettre zéro au lieu de D', les lettres G, H, G', H', à la place de E, F, E', F', et conserver la lettre D qui représente l'intégrale $\int x^2 dm$. De cette manière, l'équation (I) se réduira à

$$(u - D)(u - G)(u - H) - (u - G) G'^2 - (u - H) H'^2 = 0, \quad (K)$$

et ses trois racines seront toujours les valeurs des trois intégrales désignées par U, U', U''. Or, supposons que H soit la plus petite des deux quantités H et G, de sorte que la diffé-

rence $G - H$ soit positive : pour $u = -\infty$, le premier membre de l'équation (K) sera toujours négatif; pour $u = H$, il sera $(G - H)\,G'^2$, et conséquemment positif; pour $u = G$, il sera $(H - G)\,H'^2$, et redeviendra donc négatif; enfin, pour $u = \infty$, il sera de nouveau positif. Par conséquent, les racines de l'équation (K), qui sont les mêmes que celles de l'équation (I), seront toutes trois réelles : l'une d'elles sera moindre que H, une autre sera comprise entre H et G, et la troisième surpassera G.

De l'équation qui détermine ε, on tire

$$\sin. 2\varepsilon = \frac{2D'}{\sqrt{4D'^2 + (E-F)^2}}, \qquad \cos. 2\varepsilon = \frac{(E-F)}{\sqrt{4D'^2 + (E-F)^2}};$$

et comme on a

$$G = \tfrac{1}{2}(E+F) + \tfrac{1}{2}(E-F)\cos. 2\varepsilon + D'\sin. 2\varepsilon,$$
$$H = \tfrac{1}{2}(E+F) - \tfrac{1}{2}(E-F)\cos. 2\varepsilon - D'\sin. 2\varepsilon,$$

il en résultera

$$G = \tfrac{1}{2}(E+F) + \tfrac{1}{2}\sqrt{4D'^2 + (E-F)^2},$$
$$H = \tfrac{1}{2}(E+F) - \tfrac{1}{2}\sqrt{4D'^2 + (E-F)^2};$$

ce qui fera connaître des limites des trois racines U, U', U'', de l'équation (I) ou (K). On aura d'autres limites de ces mêmes racines, en changeant dans ces expressions de G et H, soit E et D' en D et E', soit F et D' en D et F'.

Je ferai aussi remarquer qu'il résulte d'une analyse très-générale, due à M. Jacobi, et exposée dans le journal de M. Crelle (*), que l'équation (I) est équivalente à celle-ci :

(*) Tome XII, page 29.

$$\frac{E'F'}{D'(D-u)-E'F'}+\frac{F'D'}{E'(E-u)-F'D'}+\frac{D'E'}{F'(F-u)-D'E'}+1=0;$$

ce qu'on peut effectivement vérifier. Or, sous cette forme, on voit sans difficulté que les trois racines de cette équation sont réelles et comprises entre deux consécutives de ces quatre quantités

$$F-\frac{D'E'}{F'},\quad E-\frac{F'D'}{E'},\quad D-\frac{E'F'}{D'},\quad \infty,$$

que l'on suppose rangées dans un ordre de grandeurs croissantes.

(9) Il est donc prouvé maintenant que l'on pourra transformer, dans tous les cas, les coordonnées quelconques x, y, z, en d'autres coordonnées rectangulaires x_1, y_1, z_1, pour lesquelles les intégrales $\int x_1 y_1\, dm$, $\int z_1 x_1\, dm$, $\int y_1 z_1\, dm$, relatives à leurs rectangles, seront toutes trois égales à zéro. Cette transformation étant effectuée au moyen des racines de l'équation (I) et des formules (H), on pourra ensuite déterminer par l'intégration les valeurs de $\int x^2_1\, dm$, $\int y^2_1\, dm$, $\int z^2_1\, dm$, qui devront coïncider avec celles de ces racines U, U', U''; or, les valeurs que l'on obtiendra pour ces trois intégrales seront nécessairement positives; par conséquent, les trois racines de l'équation (I) étant réelles, il s'ensuit, par la nature de la question, qu'elles sont aussi toutes trois positives. Si donc on ordonne son premier membre par rapport à l'inconnue u, il faudra que ses coefficients soient alternativement positifs et négatifs; d'où l'on conclut, en remettant pour

D, E, F, D′, E′, F′, les intégrales que ces lettres représentent,

$$\int x^2\,dm + \int y^2\,dm + \int z^2\,dm > 0,$$

$$\int x^2\,dm \int y^2\,dm + \int z^2\,dm \int x^2\,dm + \int y^2\,a\,m \int z^2\,dm$$
$$- \left(\int xy\,dm\right)^2 - \left(\int zx\,dm\right)^2 - \left(\int yz\,dm\right)^2 > 0,$$

$$\int x^2\,dm \int y^2\,dm \int z^2\,dm + 2\int xy\,dm \int zx\,dm \int yz\,dm$$
$$- \int x^2\,dm \left(\int yz\,dm\right)^2 - \int y^2\,dm \left(\int zx\,dm\right)^2$$
$$- \int z^2\,dm \left(\int xy\,dm\right)^2 > 0.$$

La première de ces inégalités est évidente. On vérifiera les deux autres, en transformant les coordonnées x, y, z, en d'autres x_1, y_1, z_1, pour lesquelles les trois intégrales relatives à leurs rectangles soient égales à zéro; ce qui est toujours possible, comme on vient de le démontrer. On vérifiera en même temps que ces trois quantités positives sont indépendantes de la direction des coordonnées qu'elles renferment, et se réduisent à

$$\int x_1^2\,dm + \int y_1^2\,dm + \int z_1^2\,dm,$$

$$\int x_1^2\,dm \int y_1^2\,dm + \int z_1^2\,dm \int x_1^2\,dm + \int y_1^2\,dm \int z_1^2\,dm,$$

$$\int x_1^2\,dm \int y_1^2\,dm \int z_1^2\,dm,$$

comme cela doit être effectivement, d'après ce que représentent les racines de l'équation (I). Cette réduction constitue

des propriétés des intégrales $\int x^2\,dm$, $\int y^2\,dm$, $\int z^2 dm$, $\int yz\,dm$, $\int zx\,dm$, $\int xy\,dm$, étendues à la masse entière d'un corps de forme quelconque, qu'il était bon de remarquer.

En résolvant l'équation (I), on en déduira, sans nouvelle intégration, les valeurs des trois moments d'inertie principaux A, B, C (n° 1) : on aura

$$A=\int(y_1^2+z_1^2)\,dm,\quad B=\int(z_1^2+x_1^2)\,dm,\quad C=\int(x_1^2+y_1^2)\,dm,$$

et, par conséquent,

$$A=U'+U'',\quad B=U''+U,\quad C=U+U'.$$

(10) Non seulement il existe toujours trois axes principaux qui se coupent à angle droit en chaque point O d'un corps de forme quelconque, mais, en général, ces trois axes sont les seuls, et il n'y a d'exception que quand l'équation (I) admet des racines égales.

En effet, on peut prendre les axes principaux qui existent certainement, pour ceux des coordonnées x, y, z; ce qui rendra nulles les trois quantités D', E', F', et réduira l'équation (I) à

$$(u-D)\,(u-E)\,(u-F)=0,$$

dont les racines seront les trois quantités D, E, F; d'où l'on voit déja que s'il existe un second système d'axes principaux, les moments d'inertie qui s'y rapportent seront les mêmes que relativement au premier. En supposant que les quantités D, E, F, ne soient pas toutes trois égales, de sorte que la

première diffère des deux autres, et prenant D pour la racine U, on aura

$$\Delta = (D - E)(D - F),$$

dans l'hypothèse de

$$D' = 0, \quad E' = 0, \quad F' = 0;$$

par conséquent, les formules (H) se réduiront à

$$a = 1, \quad b = 0, \quad c = 0;$$

d'où l'on conclut que l'un des nouveaux axes principaux coïncidera toujours avec l'axe Ox qui répond à l'intégrale $\int x^2 dm$ ou D. Cela étant, si les trois quantités D, E, F, sont inégales, il est évident que tous les axes principaux qui pourront exister, coïncideront toujours avec l'un des axes Ox, Oy, Oz; en sorte que, dans ce cas général, il n'y aura jamais qu'un seul système d'axes de cette espèce.

Mais lorsque deux au moins des trois quantités D, E, F, seront égales, le dénominateur Δ des formules (H) s'évanouira en même temps que le numérateur de chacune d'elles; elles se présenteront sous la forme $\frac{0}{0}$; et les directions des axes principaux ne seront plus uniques et déterminées. Dans le cas de D = E = F, et en supposant toujours que les trois quantités D', E', F', soient zéro, les trois équations (E) sont effectivement identiques, en vertu des équations (C); et, conséquemment, toutes les droites passant par le point O sont des axes principaux. Si l'on a seulement E = F, les équations (E) se réduisent à

$$(D - E)aa' = 0, \quad (D - E)aa'' = 0, \quad (D - E)a'a'' = 0;$$

on y satisfait donc en prenant deux des trois cosinus a, a', a'', égaux à zéro; ce qui fait coïncider l'un des nouveaux axes principaux avec l'axe Ox, et laisse indéterminées les directions des deux autres, dans le plan perpendiculaire à Ox; de sorte que, dans ce second cas, toute droite menée dans ce plan par le point O est un axe principal. Les équations (F) montrent aussi que, dans le premier cas d'exception, les moments d'inertie sont égaux, par rapport à tous les axes passant par le point O, et que dans le second, ils le sont seulement par rapport à tous les axes menés par ce point et compris dans le plan perpendiculaire à Ox. On peut remarquer que l'égalité des trois intégrales D, E, F, ou de deux d'entre elles, qui constitue ces cas particuliers, est la même chose que l'égalité des trois moments d'inertie principaux, ou de deux de ces moments.

§ III.

Mouvement d'un corps solide entièrement libre.

(11) On prend pour les équations du double mouvement d'un corps solide dans l'espace, ainsi qu'on l'a expliqué dans le préambule, les équations du mouvement de son centre de gravité, et les équations de son mouvement de rotation autour de ce centre. Le système de ces équations différentielles n'est intégrable, sous forme finie, que dans des cas très-particuliers; toutefois, il y a des cas très-étendus, dans lesquels on peut obtenir des intégrales premières de ces équations simultanées, insuffisantes pour les résoudre complétement,

mais qui conduisent à des conséquences importantes. Les intégrales que nous allons considérer sont celles que fournissent les principes généraux de la conservation des forces vives et de la conservation des aires, lorsqu'ils ont lieu par la nature des forces appliquées au mobile.

Au bout du temps quelconque t, soient x, y, z, les coordonnées rectangulaires d'un élément quelconque dm de la masse du corps, rapportées à trois axes immobiles; au même instant, désignons par R, R′, R″, etc., différentes forces accélératrices qui agissent sur ce point matériel, et qui proviennent d'attractions ou de répulsions émanées de centres fixes; soient aussi ρ, ρ', ρ'', etc., les distances variables de dm à ces centres de forces; supposons que R soit une fonction donnée de ρ, R′ de ρ', R″ de ρ'', etc.; et faisons, pour abréger,

$$\int \mathrm{R}\,d\rho = \mathrm{R}_{,}, \quad \int \mathrm{R}'\,d\rho = \mathrm{R}'_{,}, \quad \int \mathrm{R}''\,d\rho' = \mathrm{R}''_{,}, \text{ etc.},$$

de sorte que $\mathrm{R}_{,}$, $\mathrm{R}'_{,}$, $\mathrm{R}''_{,}$, etc., représentent des intégrales indéfinies, dont chacune peut contenir une constante arbitraire. S'il n'y a pas d'autres forces qui agissent sur les points du mobile, le principe des forces vives aura lieu, et il en résultera l'équation

$$\int \left(\frac{dx^2+dy^2+dz^2}{dt^2}\right) dm = \pm 2\int \mathrm{R}_{,}\,dm \pm \int \mathrm{R}'_{,}\,dm \pm \int \mathrm{R}''_{,}\,dm \pm \text{etc.}, \quad (a)$$

dans laquelle les intégrales s'étendront à la masse entière du corps, et où l'on prendra les signes supérieurs ou les signes inférieurs, selon que les forces seront répulsives ou attractives.

Si l'on représente par α, β, γ, les valeurs de x, y, z, qui répondent au centre de gravité du mobile, et par x', y', z', les coordonnées de dm, rapportées à ce centre comme origine, et à des axes parallèles à ceux des x, y, z, on aura

$$x=\alpha+x', \quad y=\beta+y', \quad z=\gamma+z',$$
$$\int x'dm=0, \int y'dm=0, \int z'dm=0.$$

En appelant v la vitesse du centre de gravité, et M la masse du mobile, on aura aussi

$$\frac{d\alpha^2}{dt^2}+\frac{d\beta^2}{dt^2}+\frac{d\gamma^2}{dt^2}=v^2, \quad \int dm=\mathrm{M};$$

par conséquent, l'équation (a) deviendra

$$\mathrm{M}v^2+\int\left(\frac{dx'^2+dy'^2+dz'^2}{dt^2}\right)dm=\pm 2\int \mathrm{R}_1 dm \pm 2\int \mathrm{R}'_1 dm \pm 2\int \mathrm{R}''_1 dm \pm \text{etc.} \qquad (b)$$

La somme des forces vives contenue dans son premier membre, se trouvera ainsi divisée en deux parties, dont la première Ma^2 ne dépendra que du mouvement de translation du mobile, et la seconde de son mouvement de rotation. D'après les notations du premier paragraphe, cette dernière partie aura pour expression (n° 5)

$$\int\left(\frac{dx'^2+dy'^2+dz'^2}{dt^2}\right)dm=\mathrm{A}p^2+\mathrm{B}q^2+\mathrm{C}r^2.$$

On peut pareillement diviser chacune des intégrales contenues dans le second membre de l'équation (b), en deux parties, et écrire, en conséquence,

$$2\int R_1\, dm = P + Q, \qquad 2\int R'_1\, dm = P' + Q',$$
$$2\int R''_1\, dm = P'' + Q'', \quad \text{etc.};$$

P, P′, P″, etc., étant les parties auxquelles se réduiraient ces intégrales, si la masse entière du mobile était réunie à son centre de gravité, c'est-à-dire, des fonctions de la distance de ce point à chaque centre de force, multipliées par la masse M du corps; Q, Q′, Q″, etc., désignant d'autres parties dépendantes de sa forme et de sa rotation.

Au moyen de ces valeurs, l'équation (b) se changera en celle-ci :

$$\begin{aligned} Mv^2 + Ap^2 + Bq^2 + Cr^2 = \pm P \pm P' \pm P'' \pm \text{etc.} \\ \pm Q \pm Q' \pm Q'' \pm \text{etc.} \end{aligned}$$

Or, si les dimensions du mobile sont très-petites par rapport aux distances des centres d'attraction ou de répulsion, la résultante des forces données qui agissent sur ce corps passera, à très-peu près, par son centre de gravité; dans une première approximation, on pourra supposer qu'elle passe constamment par ce point; et, d'ailleurs, elle s'en écartera d'autant moins que le corps se rapprochera davantage de la forme sphérique. En désignant par h une constante arbitraire, on aura alors (nº 5)

$$Ap^2 + Bq^2 + Cr^2 = h;$$

si donc on néglige, dans cette première approximation, les intégrales Q, Q′, Q″, etc., que contient l'équation précédente, on aura simplement

$$Mv^2 + h = \pm P \pm P' \pm P'' \pm \text{etc.};$$

ce qui fera connaître la vitesse du centre de gravité en fonction de ses distances aux centres de forces.

Non seulement cette vitesse, mais aussi la courbe décrite par le centre de gravité est indépendante des dimensions et de la rotation du corps, dans l'approximation dont il s'agit; et, réciproquement, la rotation ne dépend pas non plus du mouvement de ce point, ni des forces données qui agissent sur le mobile. Ayant donc déterminé d'abord les deux mouvements de translation et de rotation, indépendamment l'un de l'autre, on connaîtra, en fonctions du temps, les premières valeurs approchées des coordonnées du centre de gravité et des trois angles relatifs à la rotation que l'on a désignés par φ, ψ, θ, dans le n° 1. Or, les quantités Q, Q', Q'', etc., sont des fonctions données de ces six variables; on pourra donc les réduire à des fonctions de t, qui en seront les valeurs approchées, et que je représenterai par T, T', T'', etc.

Cela posé, si nous désignons par $\delta.v^2$, $\delta.p^2$, $\delta.q^2$, $\delta.r^2$, les accroissements qu'éprouvent les carrés des vitesses v, p, q, r, dans une seconde approximation, nous aurons, en vertu des équations précédentes,

$$M\delta.v^2 + A\delta.p^2 + B\delta.q^2 + C\delta.r^2 = \pm T \pm T' \pm T'' \pm \text{etc.}; \quad (c)$$

ce qui fera connaître l'influence de la rotation et de la forme du corps sur la vitesse de son centre de gravité.

On peut remarquer que les quantités P + Q, P' + Q', P'' + Q'', etc., provenant d'intégrations relatives à la masse du mobile, et aux distances ρ, ρ', ρ'', etc., de son centre de

gravité aux centres fixes d'attraction ou de répulsion, et ne résultant d'aucune intégration par rapport aux temps, il n'est point à craindre qu'elles renferment des termes qui aient acquis de très-petits diviseurs, et soient devenus très-considérables; en sorte que les secondes parties Q, Q′, Q″, etc., de ces quantités, et leurs valeurs approchées T, T′, T″, etc., seront toujours très-petites, comme les dimensions du corps par rapport à ses distances aux centres fixes.

(12) Si ces centres de forces sont eux-mêmes en mouvement autour du mobile, le principe des forces vives n'aura plus lieu, et l'on ne pourra plus employer l'équation (*b*) sans modifier les intégrales contenues dans son second membre.

En désignant par λ, μ, ν, les trois coordonnées variables du centre d'où émane la force R, on devra remplacer l'intégrale $\int R\,d\rho$ par celle-ci :

$$\int R\left(\frac{x-\lambda}{\rho}\frac{dx}{dt}+\frac{y-\mu}{\rho}\frac{dy}{dt}+\frac{z-\nu}{\rho}\frac{dz}{dt}\right)dt.$$

A cause de

$$(x-\lambda)^2+(y-\mu)^2+(z-\nu)^2=\rho^2,$$

d'où l'on tire

$$(x-\lambda)\,dx+(y-\mu)\,dy+(z-\nu)\,dz=\rho\,d\rho$$
$$-(\lambda-x)\,d\lambda-(\mu-y)\,d\mu-(\nu-z)\,d\nu,$$

cette dernière intégrale est la même chose que

$$\int R\,d\rho-\int R\left(\frac{\lambda-x}{\rho}\frac{d\lambda}{dt}+\frac{\mu-y}{\rho}\frac{d\mu}{dt}+\frac{\nu-z}{\rho}\frac{d\nu}{dt}\right)dt;$$

et si l'on représente toujours par R_1 la première partie $\int R\,d\rho$, de sorte que R_1 soit une fonction donnée de ρ, il est évident qu'on pourra écrire la valeur entière sous la forme :

$$R_1 - \int \frac{d'R_1}{dt}\,dt;$$

la caractéristique d' indiquant une différentielle prise par rapport au temps provenant des seules variables λ, μ, ν, et l'intégrale se rapportant à cette variable t, de quelque manière qu'elle entre dans $\frac{d'R_1}{dt}$.

La même remarque s'applique aux autres termes du second membre de l'équation (a), qui se trouvera ainsi augmenté de la quantité

$$\mp \int \frac{d'R_1}{dt}\,dt \mp \int \frac{d'R'_1}{dt}\,dt \mp \int \frac{d'R''_1}{dt}\,dt \mp \text{etc.}$$

Par conséquent, si l'on comprend toujours dans la première approximation l'action des centres de forces, fixes ou mobiles, sur la masse du corps réunie à son centre de gravité, et que l'on désigne par T, T', T'', etc., les mêmes fonctions de t que précédemment, l'équation (c) deviendra, dans le cas des centres mobiles d'attraction ou de répulsion,

$$\begin{aligned} M\delta.v^2 + A\delta.p^2 + B\delta.q^2 + C\delta.r^2 &= \pm T \pm T' \pm T'' \pm \text{etc.} \\ &\mp \int \frac{d'T}{dt}\,dt \mp \int \frac{d'T'}{dt}\,dt \mp \int \frac{d'T''}{dt}\,dt \mp \text{etc.}; \end{aligned}$$

la caractéristique d' se rapportant, comme on vient de le dire, à la variable t, qui provient seulement des coordonnées des centres de forces, et les signes $\int$, à cette variable, quelle que soit son origine.

Dans le cas de la terre, on démontre que les déplacements des pôles de rotation à sa surface, et les variations de sa vitesse angulaire seront toujours insensibles; d'où il résulte que les perturbations $\delta.p^2$, $\delta.q^2$, $\delta.r^2$, le seront aussi constamment, et peuvent être négligées dans l'équation précédente. En négligeant aussi les quantités T, T′, T″, etc., qui ne peuvent acquérir de valeurs sensibles, ainsi qu'on l'a expliqué tout à l'heure, et prenant les signes supérieurs devant les autres termes de l'équation précédente, on aura donc

$$M\delta.v^2 = -\int\frac{d'\mathrm{T}}{dt}dt - \int\frac{d'\mathrm{T}}{dt}dt - \int\frac{d'\mathrm{T}'}{dt}dt - \text{etc.}$$

Or, la différentiation indiquée par d' fera disparaître tous les termes de T, T′, T″, etc., indépendants des moyens mouvements des corps qui agissent sur le sphéroïde terrestre; il ne restera donc sous les signes $\int$ que des termes périodiques dont les arguments contiendront ces moyens mouvements et qui ne cesseront pas d'être très-petits après les intégrations. Une commensurabilité très-approchée, qui donnerait naissance, par l'intégration, à d'assez petits diviseurs pour rendre ces termes sensibles, ne se rencontre pas entre les moyens mouvements du soleil, des planètes ou de la lune, et celui de la terre autour de son axe. A la vérité, les inégalités du mouvement de rotation provenant de la direction de l'axe qui a eu lieu à l'origine, devraient entrer dans les quantités T, T′, T″, etc.; et comme leur période, dépendante de la différence des moments d'inertie, serait d'à peu près un an, en combinant ces inégalités avec le mouvement moyen du soleil, ou avec *l'équation annuelle* du mouvement de la lune,

il en pourrait résulter des termes qui augmenteraient considérablement par l'intégration. Mais les observations montrent que ces inégalités initiales sont anéanties à l'époque actuelle, et sans doute depuis long-temps; ce qui dispense d'examiner les termes particuliers dont nous parlons.

Concluons donc que la vitesse v du mouvement révolutif de la terre autour du soleil n'est aucunement altérée par la forme et la rotation du sphéroïde. Dans le mouvement elliptique, on a

$$v^2 = \frac{2f}{\rho} - \frac{f}{a},$$

en appelant f la somme des attractions du soleil et de la terre à l'unité de distance et sur l'unité de masse, ρ la distance de la terre au soleil, a le demi-grand axe de l'orbite de la terre. D'après ce qu'on a représenté par $\delta . v^2$, cette quantité sera donc la perturbation de l'élément $\frac{1}{a}$ due aux actions exercées sur la partie non sphérique de la terre, par le soleil et les autres corps célestes; et cette perturbation étant insensible, il en résulte une nouvelle confirmation du théorème sur l'invariabilité des grands axes des orbites planétaires, en ce qui concerne l'influence de la forme et de la rotation de la planète troublée.

(13) Si le mobile que nous considérons est soumis à l'action d'une seule force attractive ou répulsive, provenant d'un centre fixe, le principe des aires s'appliquera à son mouvement, et il fournira trois intégrales premières des équations de ce mouvement. En prenant le centre fixe pour origine des coordonnées $x, y, z,$ de l'élément dm de la masse du mobile, ces trois intégrales seront

$$\left.\begin{aligned}\int\left(x\frac{dy}{dt}-y\frac{dx}{dt}\right)dm&=g,\\ \int\left(z\frac{dx}{dt}-x\frac{dz}{dt}\right)dm&=g',\\ \int\left(y\frac{dz}{dt}-z\frac{dy}{dt}\right)dm&=g'';\end{aligned}\right\}\quad(d)$$

g, g', g'', étant des constantes arbitraires, et les intégrations s'étendant à la masse entière M du mobile. Ces équations se rapportent aux aires décrites pendant l'instant dt, et divisées par dt; pour les appliquer aux aires décrites dans le temps t, il faudra les multiplier par dt et les intégrer; ce qui changera leurs seconds membres dans les quantités gt, $g't$, $g''t$, proportionnelles au temps. Elles expriment aussi que les moments des quantités de mouvement de tous les points du mobile, pris par rapport aux trois axes des coordonnées qui se coupent au point fixe, sont constants pendant toute la durée du mouvement. Les constantes g, g', g'', dépendent de la direction de ces trois axes rectangulaires; mais la quantité $\sqrt{g^2+g'^2+g''^2}$ est non seulement constante par rapport au temps, mais elle est aussi indépendante de cette direction. Elle exprime le moment principal des quantités de mouvement de tous les points du corps, relatif à l'origine des coordonnées; les constantes g, g', g'', divisées par ce radical, sont les cosinus des angles que fait la direction constante de l'axe de ce moment avec les axes des z, y, x; cette direction est également celle de la perpendiculaire au plan du *maximum* des aires, que Laplace a nommé le *plan invariable*.

En transportant au centre de gravité du mobile, l'origine des coordonnées x, y, z, sans changer leurs directions, les équations (d) deviennent, d'après les notations précédentes,

$$\left.\begin{aligned}
&\mathrm{M}\left(\frac{\alpha\, d\beta - \beta\, d\alpha}{dt}\right) + \int\left(\frac{x'dy' - y'dx'}{dt}\right) dm = g, \\
&\mathrm{M}\left(\frac{\gamma\, d\alpha - \alpha\, d\gamma}{dt}\right) + \int\left(\frac{z'dx' - x'dz'}{dt}\right) dm = g', \\
&\mathrm{M}\left(\frac{\beta\, d\gamma - \gamma\, d\beta}{dt}\right) + \int\left(\frac{y'dz' - z'dy'}{dt}\right) dm = g'';
\end{aligned}\right\} \quad (e)$$

équations qui montrent comment la forme et la rotation du corps influeront sur la loi des aires décrites par le rayon vecteur de son centre de gravité, autour du centre fixe d'attraction ou de répulsion; en sorte que ces aires et leurs projections ne seront plus proportionnelles au temps, comme dans le cas d'un point matériel isolé.

La forme et la rotation du mobile influent aussi sur la nature de la courbe décrite par son centre de gravité; car si l'on fait, pour abréger,

$$\begin{aligned}
&\int\left(\frac{x'dy' - y'dx'}{dt}\right) dm = \varpi, \\
&\int\left(\frac{z'dx' - x'dz'}{dt}\right) dm = \varpi', \\
&\int\left(\frac{y'dz' - z'dy'}{dt}\right) dm = \varpi'',
\end{aligned}$$

et que l'on ajoute les équations (e), après avoir multiplié la première par γ, la seconde par β, la troisième par α, on aura

$$(g - \varpi)\gamma + (g' - \varpi')\beta + (g'' - \varpi'')\alpha = 0;$$

or, les quantités ϖ, ϖ', ϖ'', étant variables avec le temps, on en conclut que cette courbe ne sera plus comprise dans un

même plan, comme la trajectoire d'un point matériel soumis à une force qui émane d'un centre fixe.

(14) Voici une autre conséquence qui se déduit aussi des équations (e).

Par le centre de gravité du mobile, menons le plan du moment principal par rapport à ce point, des quantités de mouvement de tous les points du corps dues seulement à la rotation du mobile; désignons par μ, au bout du temps t, la grandeur de ce moment; par le centre d'attraction ou de répulsion, menons un second plan parallèle au premier; appelons P la perpendiculaire élevée par ce centre de force sur ce second plan, et I l'intersection de ce plan mobile avec le plan fixe des x et y; au bout du même temps t, soient θ l'angle compris entre la droite P et l'axe des z, et ψ l'angle que fait la droite I avec l'axe des x. Les cosinus des angles compris entre cette droite P et les axes des x, y, z, seront $\sin.\theta \sin.\psi$, $\sin.\theta \cos.\psi$, $\cos.\theta$; par conséquent, nous aurons

$$\varpi''=\mu \sin.\theta \cos.\psi, \quad \varpi'=\mu \sin.\theta \sin.\psi, \quad \varpi=\mu \cos.\theta.$$

Par le centre d'attraction ou de répulsion et par le centre de gravité du mobile, menons, au bout du temps t, un plan tangent à la courbe décrite par ce second point; appelons P′ la perpendiculaire élevée par le premier point sur ce plan, et I′ l'intersection de ce plan avec celui des x et y; désignons par θ' l'angle compris entre la droite P′ et l'axe des z, et par ψ' l'angle que fait l'intersection de ces deux plans avec l'axe des x, de sorte que $\sin.\theta' \sin.\psi'$, $\sin.\theta' \cos.\psi'$, $\cos.\theta'$, soient les cosinus des trois angles que fait la droite P′ avec les axes des x, y, z; désignons enfin par $\frac{1}{2}\lambda\, dt$ l'aire décrite pendant

l'instant dt, par le rayon, vecteur du centre de gravité du mobile; nous aurons alors

$$\frac{\alpha d\beta - \beta d\alpha}{dt} = \lambda \cos.\theta',$$
$$\frac{\gamma d\alpha - \alpha d\gamma}{dt} = \lambda \sin.\theta' \cos.\psi',$$
$$\frac{\beta d\gamma - \gamma d\beta}{dt} = \lambda \sin.\theta' \sin.\psi'.$$

De cette manière, les équations (e) deviendront

$$M\lambda \cos.\theta' + \mu \cos.\theta = g,$$
$$M\lambda \sin.\theta' \cos.\psi' + \mu \sin.\theta \cos.\psi = g',$$
$$M\lambda \sin.\theta' \sin.\psi' + \mu \sin.\theta \sin.\psi = g'';$$

or, si l'on prend pour le plan arbitraire des x et y, le plan fixe du moment principal des quantités de mouvement de tous les points du corps, soit qu'elles proviennent de son mouvement de translation, soient qu'elles résultent de sa rotation, les deux constantes g' et g'' seront nulles par la propriété connue de ce plan; on aura donc constamment

$$M\lambda \sin.\theta' \cos.\psi' = -\mu \sin.\theta \cos.\psi,$$
$$M\lambda \sin.\theta' \sin.\psi' = -\mu \sin.\theta \sin.\psi;$$

d'où l'on conclut

$$\text{tang.}\,\psi' = \text{tang.}\,\psi,$$

et, par conséquent, $\psi' = \psi$ ou $\psi' = \psi + 180$; ce qui signifie que les deux droites I et I' coïncideront pendant toute la durée du mouvement.

Ce théorème peut aussi s'énoncer de cette autre manière: le plan du moment principal de toutes les quantités de mouvement des points du corps, relatif au centre d'attraction ou de répulsion; le plan du moment principal, relatif au même centre, des quantités de mouvement qui ne proviennent que du mouvement de translation; et le plan du moment principal, relatif au centre de gravité du mobile, des quantités de mouvement provenant seulement de sa rotation autour de ce point; ces trois plans, disons-nous, se coupent suivant trois droites qui sont constamment parallèles entre elles.

(15) Supposons, comme plus haut, que la terre soit le mobile que nous considérons; et prenons l'attraction solaire pour la force appliquée à tous les points du mobile. A cause du peu d'aplatissement du sphéroïde terrestre, et de la petitesse de ses dimensions, par rapport à son éloignement du soleil, on conçoit que la forme de la terre et sa rotation influeront très-peu sur la nature de son orbite; mais tout ce qui concerne le déplacement de l'écliptique étant d'une grande importance en astronomie, il est bon de déterminer avec soin les limites de cette influence.

Or, en employant les notations du 1er §, les moments rapportés aux axes principaux de la terre, des quantités de mouvement provenant de sa rotation autour de son centre de gravité, seront Ap, Bq, Cr (n° 4); d'après le théorème connu sur la composition des moments, semblable à celle des forces, ceux des mêmes quantités de mouvement seront donc

$$Apa + Bqa' + Cra'',$$
$$Apb + Bqb' + Crb'',$$
$$Apc + Bqc' + Crc'',$$

en les rapportant à des axes passant, comme les premiers, par le centre de gravité de la terre, mais parallèles aux axes fixes des x, y, z, et en désignant, comme dans le nº 6, par a, a', etc., les cosinus des angles compris entre les trois axes principaux et les trois axes fixes; ces quantités seront donc les valeurs des secondes intégrales contenues dans les équations (e); et en ayant aussi égard aux valeurs des premières, ces équations deviendront

$$\left.\begin{aligned}&M\lambda\cos.\theta' + Apc + Bqc' + Crc'' = g,\\&M\lambda\sin.\theta'\cos.\psi' + Apb' + Bqb' + Crb'' = g',\\&M\lambda\sin.\theta'\sin.\psi' + Apa + Bqa' + Cra'' = g''.\end{aligned}\right\}\quad (f)$$

Si l'axe de figure de la terre est l'axe principal auquel répondent le moment d'inertie C et la composante r de la vitesse de rotation, l'axe instantané s'écartera toujours très-peu de celui-là; les quantités p et q auront constamment des valeurs très-petites et négligeables; et r aura une valeur sensiblement constante et égale à la vitesse angulaire du mouvement diurne. En désignant par n cette vitesse, et représentant par Mk^2 le plus grand des trois moments d'inertie principaux A, B, C, nous ferons donc

$$C = Mk^2,\quad p = 0,\quad q = 0,\quad r = n,$$

dans les équations (f). L'axe du moment principal des quantités de mouvement dues à la rotation de la terre, ne s'écartera pas non plus sensiblement de son axe de figure; les angles θ et ψ étant les mêmes que dans le numéro précédent, et d'après ce que a'', b'', c'', représentent, on aura donc aussi, à très-peu près,

$$a'' = \sin.\theta \sin.\psi, \quad b'' = \sin.\theta \cos.\psi, \quad c'' = \cos.\theta.$$

Enfin, en vertu des formules connues du mouvement elliptique, nous aurons exactement

$$\lambda = ml^2\sqrt{1-e^2},$$

en désignant par m le moyen mouvement de la terre autour du soleil, et par l et e le demi-grand axe et l'excentricité de son orbite; quantités que l'on pourra supposer variables par l'effet de la perturbation du mouvement elliptique du centre de la terre, due à sa non sphéricité et à sa rotation. Au moyen de ces valeurs, et en mettant Mg, Mg', Mg'', au lieu de g, g', g'', les équations (f) se changeront donc en celles-ci :

$$\left.\begin{array}{l} ml^2\sqrt{1-e^2}\cos.\theta' + nk^2\cos.\theta = g, \\ ml^2\sqrt{1-e^2}\sin.\theta'\cos.\psi' + nk^2\sin.\theta\cos.\psi = g', \\ ml^2\sqrt{1-e^2}\sin.\theta'\sin.\psi' + nk^2\sin.\theta\sin.\psi = g''. \end{array}\right\} \quad (g)$$

Prenons maintenant pour le plan fixe des x et y celui de l'écliptique à une époque déterminée, à partir de laquelle nous compterons le temps t; et supposons, pour fixer les idées, que l'axe des z soit dirigé vers le pôle boréal de cette écliptique, et la longitude de l'équinoxe du printemps, comptée à partir d'une ligne fixe, menée dans ce plan par le centre du soleil. Au même instant, θ' et ψ' exprimeront l'inclinaison de l'écliptique mobile et la longitude de son nœud ascendant, rapportées au même plan et à la même ligne que θ et ψ. Pour $t=0$, on aura $\theta'=0$; si donc on représente par m', l', e', les

valeurs de m, l, e, qui ont lieu à cette époque, et par h et f celles des angles θ et ψ, il en résultera

$$g = nk^2 \cos. h + m' l'^2 \sqrt{1-e'^2},$$
$$g' = nk^2 \sin. h \cos. f,$$
$$g'' = nk^2 \sin. h \sin. f,$$

pour les valeurs des constantes arbitraires g, g', g''; au moyen de quoi les équations (g) deviendront

$$\left.\begin{aligned} m l^2 \sqrt{1-e^2} \cos. \theta' &= m' l'^2 \sqrt{1-e'^2} + nk^2 (\cos. h - \cos. \theta), \\ m l^2 \sqrt{1-e^2} \sin. \theta' \cos. \psi' &= nk^2 (\sin. h \cos. f - \sin. \theta \cos. \psi), \\ m l^2 \sqrt{1-e^2} \sin. \theta' \sin. \psi' &= nk^2 (\sin. h \sin. f - \sin. \theta \sin. \psi). \end{aligned}\right\} \quad (h)$$

Si la terre était homogène, on aurait, à très-peu près, $k^2 = \frac{2}{3}$, en prenant son rayon pour unité; la terre étant hétérogène, et les densités de ses couches décroissant du centre à sa surface, on a $k^2 < \frac{2}{3}$; en nombres ronds, les valeurs l', e', m', sont 24000, un 60e, un 360e de n; d'où il suit que le rapport de nk^2 à $m' l'^2 \sqrt{1-e'^2}$ est moindre que le quart d'un millionième. En désignant ce rapport par ρ, et négligeant son carré, on aura donc, d'après les équations (h),

$$m l^2 \sqrt{1-e^2} = m' l'^2 \sqrt{1-e'^2} \, [(1 + \rho (\cos. h - \cos. \theta)];$$

ce qui montre que l'aire $m l^2 \sqrt{1-e^2}$ décrite dans l'unité de temps par le rayon vecteur de la terre, ne variera pas sensiblement par l'effet de sa non sphéricité et de sa rotation.

Les équations (h) donneront aussi

$$\sin. \theta' = \rho \sqrt{\sin.^2 h + \sin.^2 \theta - 2 \sin. h \sin. \theta \cos (f - \psi)};$$

44.

quantité qui sera constamment très-petite. L'angle θ varie très-peu, et est, ainsi que h, à peu près égal à 23° 28'; la plus grande valeur du radical répondra à $\psi = f + 180°$; et il en résultera

$$\sin.\theta' = 2\rho \sin.(23° 28')$$

pour le *maximum* de sin. θ', qui sera moindre qu'un quart de millionième, de sorte que l'angle θ' ne s'élèvera jamais à un vingtième de seconde.

En faisant, pour plus de simplicité, $\theta = h$ dans les équations (h), et divisant la dernière par la seconde, il vient

$$\text{tang.}\,\psi' = \frac{\sin.f - \sin.\psi}{\cos.f - \cos.\psi} = -\cot.\tfrac{1}{2}(f + \psi);$$

d'où l'on conclut

$$\psi' = 90° + \tfrac{1}{2}(f + \psi);$$

ce qui montre qu'abstraction faite de la petite inégalité résultante de ce que l'angle θ n'est pas rigoureusement invariable, le mouvement de la ligne des nœuds de l'orbite de la terre sur l'écliptique fixe, sera uniforme et moitié de celui de la ligne des équinoxes; mais à raison de l'extrême petitesse de l'inclinaison θ' du plan de l'orbite de la terre sur le plan fixe, ce mouvement révolutif de la ligne des nœuds n'aura jamais aucune influence appréciable sur la position de l'écliptique mobile. Cette valeur de ψ' fait aussi voir que quand l'écliptique mobile commence à se détacher du plan de l'écliptique fixe, c'est-à-dire, à l'époque où l'on a $t = 0$ et $\psi = f$, la ligne naissante des nœuds de l'orbite est d'abord perpendiculaire à celle des équinoxes.

Enfin désignons par i l'angle que la perpendiculaire au plan invariable, menée par le centre du soleil, fait avec l'axe Oz, et par j l'angle compris entre le plan de ces deux droites et celui des y et z; les cosinus des angles que fait la première droite avec les axes des x, y, z, seront sin. i sin. j, sin. i cos. j, cos. i; et si l'on fait, pour abréger,

$$\sqrt{g^2+g'^2+g''^2}=\text{G},$$

on aura, comme on l'a dit plus haut (nº 13),

$$\text{G}\cos. i=g,\quad \text{G}\sin. i\cos. j=g',\quad \text{G}\sin. i\sin. j=g''.$$

En mettant dans ces équations, au lieu de g, g', g'', leurs valeurs, qu'on vient de trouver, et négligeant toujours le carré de ρ, on en conclut

$$\sin. i\cos. j=\rho\sin. h\cos. f,\quad \sin. i\sin. j=\rho\sin. h\sin. f,$$

et, par conséquent,

$$\sin. i=\rho\sin. h,\quad j=f.$$

La première de ces deux équations suffit pour montrer combien le plan invariable et le plan de l'écliptique, à une époque déterminée, qui coïncideraient, si l'on ne tenait pas compte de la rotation de la terre, s'écartent peu l'un de l'autre, quand on a égard à ce mouvement. Au degré d'approximation où nous nous sommes arrêtés, la seconde équation $j=f$ s'accorde avec le théorème du numéro précédent.

§ IVe.

Mouvement d'un corps solide très-peu écarté de sa position d'équilibre.

(16) Occupons-nous maintenant de la question qui doit être l'objet principal de ce Mémoire.

Le mobile étant retenu par un point fixe, supposons que tous ses points soient soumis à une attraction dirigée vers un centre que nous appellerons O' et qui aura un mouvement donné autour de O. Conservons toutes les notations du § 1er. Soient, en outre, x', y', z', les coordonnées de O' au bout du temps t, rapportées aux axes principaux OA, OB, OC, du mobile, ainsi que les coordonnées x_1, y_1, z_1, de l'élément quelconque dm de sa masse. Appelons ρ la distance de cet élément au point O', de sorte que l'on ait

$$\rho^2 = (x' - x_1)^2 + (y' - y_1)^2 + (z' - z_1)^2.$$

Désignons par $F\rho$ la fonction de la distance qui exprime la loi de l'attraction, de sorte que $F\rho$ soit la force accélératrice appliquée à l'élément dm, et dirigée constamment vers le point O'. Les composantes X_1, Y_1, Z_1, de cette force, parallèles aux axes OA, OB, OC, seront

$$X_1 = \frac{x' - x_1}{\rho} F\rho, \quad Y_1 = \frac{y' - y_1}{\rho} F\rho, \quad Z_1 = \frac{z' - z_1}{\rho} F\rho;$$

et les moments qui entrent dans les équations (δ) du n° 3 auront pour expression

$$R = \int \frac{x_1 y' - y_1 x'}{\rho} F\rho\, dm,$$
$$Q = \int \frac{z_1 x' - x_1 z'}{\rho} F\rho\, dm,$$
$$P = \int \frac{y_1 z' - z_1 y'}{\rho} F\rho\, dm;$$

les intégrales s'étendant, comme toutes les suivantes, à la masse entière du mobile.

Nous supposerons la distance O O' très-grande par rapport aux dimensions de ce corps. On pourra alors développer la valeur de ρ en série très-convergente, ordonnée suivant les puissances et les produits de x_1, y_1, z_1. De cette manière, on aura

$$\rho = l - \frac{x' x_1 + y' y_1 + z' z_1}{\rho} + \text{etc.},$$

en désignant par l la distance O O', de sorte qu'on ait

$$l^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2.$$

Je développe de même $\frac{1}{\rho} F\rho$; et en faisant, pour abréger,

$$\frac{1}{l} \frac{d.\frac{1}{l} F l}{dl} = F' l,$$

nous aurons aussi

$$\frac{1}{\rho} F\rho = \frac{1}{l} F l - (x' x_1 + y' y_1 + z' z_1) F' l + \text{etc.}$$

Désignons par e, f, g, les valeurs de x_1, y_1, z_1, qui répondent au centre de gravité du mobile; nous aurons

$$\mathrm{M}e=\int x_1 dm, \quad \mathrm{M}f=\int y_1 dm, \quad \mathrm{M}g=\int z_1 dm;$$

et si l'on néglige les termes d'un ordre supérieur au premier par rapport à x_1, y_1, z_1, il en résultera simplement

$$\mathrm{R}=\frac{1}{l}(y'e-x'f)\,\mathrm{MF}\,l,$$

$$\mathrm{Q}=\frac{1}{l}(x'g-z'e)\,\mathrm{MF}\,l,$$

$$\mathrm{P}=\frac{1}{l}(z'f-y'g)\,\mathrm{MF}\,l;$$

au moyen de quoi les équations (δ) deviendront

$$\left.\begin{aligned}\mathrm{C}dr+(\mathrm{B}-\mathrm{A})pq\,dt&=\frac{1}{l}(y'e-x'f)\,\mathrm{MF}\,l,\\ \mathrm{B}dq+(\mathrm{A}-\mathrm{C})rp\,dt&=\frac{1}{l}(x'g-z'e)\,\mathrm{MF}\,l,\\ \mathrm{A}dp+(\mathrm{C}-\mathrm{B})qr\,dt&=\frac{1}{l}(z'f-y'g)\,\mathrm{MF}\,l.\end{aligned}\right\}\qquad(1)$$

Mais si le point O est le centre de gravité du mobile, ses trois coordonnées e, f, g, seront zéro; la force $\mathrm{F}\rho$ réduite au premier terme de son développement, disparaîtra des équations du mouvement; et, par conséquent, pour déterminer ce mouvement, il sera nécessaire de considérer dans les développements de P, Q, R, les termes d'un ordre supérieur au premier, par rapport à x_1, y_1, z_1. Nous nous bornerons, dans ce cas, aux termes du second ordre, c'est-à-dire que nous rejetterons tous les termes qui auront pour facteurs trois ou un plus grand nombre de ces quantités. Par la propriété du centre de gravité O, qui est aussi l'origine des coordonnées x_1, y_1, z_1, on a

$$\int x_1\, dm = 0, \quad \int y_1\, dm = 0, \quad \int z_1\, dm = 0;$$

par la propriété des axes principaux OA, OB, OC, que l'on a pris pour ceux de ces coordonnées, on a aussi

$$\int y_1 z_1\, dm = 0, \quad \int z_1 x_1\, dm = 0, \quad \int x_1 y_1\, dm = 0;$$

et, cela étant, on trouve

$$R = x' y' F' l \int (y_1^2 - x_1^2)\, dm,$$
$$Q = z' x' F' l \int (x_1^2 - z_1^2)\, dm,$$
$$P = y' z' F' l \int (z_1^2 - y_1^2)\, dm,$$

d'après le développement de $\frac{1}{\rho} F \rho$. Les moments d'inertie relatifs à ces axes OA, OB, OC, étant A, B, C, on a

$$A = \int (y_1^2 + z_1^2)\, dm,$$
$$B = \int (z_1^2 + x_1^2)\, dm,$$
$$C = \int (x_1^2 + y_1^2)\, dm,$$

et, par conséquent,

$$\int (y_1^2 - x_1^2)\, dm = A - B,$$
$$\int (x_1^2 - z_1^2)\, dm = C - A,$$
$$\int (z_1^2 - y_1^2)\, dm = B - C.$$

Je substitue ces valeurs dans celles de P, Q, R, et celles-ci dans les équations (δ) qui deviennent

$$\left.\begin{array}{l} C\,dr + (B - A)\,pq\,dt = (A - B)\,F'l.x'y'\,dt, \\ B\,dq + (A - C)\,rp\,dt = (C - A)\,F'l.z'x'\,dt, \\ A\,dp + (C - B)\,qr\,dt = (B - C)\,F'l.y'z'\,dt. \end{array}\right\} \quad (2)$$

Selon que le point O sera le centre de gravité du mobile, ou qu'il s'en écartera à une distance comparable aux dimensions de ce corps, on fera donc usage des équations (1) ou des équations (2), après y avoir mis, pour x', y', z', les valeurs de ces coordonnées que nous formerons tout à l'heure, qui résultent du mouvement donné du point O′, et qui dépendent aussi de la rotation du mobile à raison de leurs directions parallèles à ses axes principaux.

(17) Si la loi de l'attraction était, comme dans la nature, en raison inverse du carré des distances, on aurait

$$F\,l = \frac{L}{l^2}, \quad \frac{1}{l}\,\frac{d.\frac{1}{l}F\,l}{dl} = F'\,l = -\frac{3L}{l^5};$$

L étant l'intensité de cette force à une distance prise pour unité. En désignant par μ la vitesse angulaire d'un point matériel, soumis à cette force, et qui décrirait un cercle du rayon l autour du centre d'attraction, on aurait, comme on sait,

$$L = \mu^2\,l^3;$$

d'où l'on tire

$$F\,l = \mu^2\,l, \quad F'\,l = -\frac{3\,\mu^2}{l^2}.$$

Mais quelle que soit la loi de l'attraction, si l'on suppose la distance l constante, on pourra toujours représenter la force

$\mathrm{F}l$ par un produit $\varpi^2 l$, en déterminant convenablement la vitesse angulaire ϖ aussi constante. Si la force qui émane du point O était répulsive au lieu d'être attractive, on changerait ϖ^2 en $= -\varpi^2$, ou ϖ en $\varpi\sqrt{-1}$.

On peut remarquer que les équations (2) seraient encore celles du mouvement de rotation du mobile autour de son centre de gravité O, si ce corps était libre, et soumis à l'attraction ou à la répulsion d'un point fixe O' : on prendrait alors pour x', y', z', les coordonnées de O' dans son mouvement apparent autour de O, lesquelles sont égales et contraires aux coordonnées variables de O, rapportées à des axes passant par le point O', et toujours parallèles aux axes principaux OA, OB, OC, du mobile.

Les équations (1) et (2) répondent donc à deux problèmes distincts l'un de l'autre : les équations (1) sont celles du mouvement d'un pendule de forme quelconque, tournant ou oscillant autour d'un point fixe O, et dont tous les points sont soumis à une force $\mathrm{F}l$ égale et parallèle, mais dont la direction varie avec le temps; le problème qui dépend des équations (2) est celui du mouvement d'un corps libre, ou d'un corps retenu par son centre de gravité, et soumis à l'action d'une force dirigée vers un point fixe, ou vers un point dont le mouvement est donné. Cette seconde question comprend, par exemple, le problème de la précession des équinoxes, en prenant la terre pour le mobile, et considérant seulement l'action du soleil sur ce sphéroïde. Dans ce cas, l sera la distance moyenne du centre de la terre à celui du soleil, C le moment d'inertie de la terre par rapport à son axe de figure, A et B les moments d'inertie relatifs à des diamètres compris dans le plan de l'équateur, r la vitesse angulaire du mou-

vement diurne, p et q les deux autres composantes de la vitesse de rotation autour de l'axe instantané; et si l'on désigne par m la vitesse angulaire de la terre dans son orbite, il faudra prendre m pour la valeur de μ.

(18) Afin de réduire les équations du mouvement à la forme linéaire, nous supposerons d'abord que le mobile soit un solide de révolution.

Dans cette hypothèse, les moments d'inertie A et B relatifs à deux axes compris dans le plan de l'équateur seront égaux ; et selon que le mobile sera aplati ou alongé, le troisième moment d'inertie C, qui répond à son axe de figure, sera plus grand ou plus petit que la valeur commune de A et B.

Le centre de gravité du mobile sera situé sur son axe de figure O C ; les coordonnées e et f seront donc nulles ; et g exprimera la distance de ce centre au point O, qui sera positive ou négative, selon que ce centre appartiendra à la partie de O C qui fait un angle aigu avec l'axe Oz, ou à son prolongement.

En faisant donc

$$B = A, \quad e = 0, \quad f = 0, \qquad (3)$$

la première équation (1) et la première équation (2) donneront $dr = 0$; ce qui fait voir que la composante autour de son axe de figure, de la vitesse de rotation d'un solide de révolution, ne varie pas pendant toute la durée du mouvement. Nous représenterons cette vitesse angulaire du solide, parallèlement à son équateur mobile, par une constante donnée n, qui pourra être positive, négative, ou zéro. On se souviendra (n° 3) que dans chaque exemple cette quantité sera effecti-

vement positive ou négative, selon que la rotation du corps tendra à augmenter ou à diminuer l'angle φ du nº 1.

Le mouvement d'un solide de révolution présente encore cette propriété que l'axe de figure OC, l'axe instantané de rotation OI, et l'axe OM du moment principal des quantités de mouvement de tous les points du corps, sont constamment renfermés dans un même plan, perpendiculaire à l'équateur à cause de l'axe OC.

En effet, en vertu des deux premières équations (α) du nº 2, on a

$$\text{tang.}\,\zeta = \frac{q}{p},$$

pour déterminer l'angle ζ que fait, à un instant quelconque, le plan de OC et OI, avec celui de OC et OA; en désignant de même par ζ' l'angle compris, au même instant, entre ce second plan et celui de OC et OM, on aura, d'après les équations citées dans le nº 4,

$$\text{tang.}\,\zeta' = \frac{\text{B}q}{\text{A}p};$$

dans le cas de $\text{B} = \text{A}$, on aura donc

$$\text{tang.}\,\zeta' = \text{tang.}\,\zeta;$$

par conséquent le plan de OM et OC et celui de OI et OC coïncideront constamment; ce qu'il s'agissait de démontrer.

Dans le cas particulier où l'on aura $n = 0$, le moment des quantités de mouvement sera aussi nul par rapport à l'axe de figure; l'axe du moment principal sera donc constamment dans le plan de l'équateur, aussi bien que l'axe instantané; par conséquent, le mobile étant un solide de révolu-

tion, ces deux axes coïncideront pendant toute la durée de son mouvement.

(19) Maintenant, il s'agit de former les expressions de x', y', z', qui doivent être employées dans les équations (1) et (2).

Pour cela, changeons d'abord la direction des axes des x' et y' dans le plan de l'équateur, sans changer l'axe des z', non plus que l'origine O. Soient X et Y' les coordonnées de O', rapportées à l'intersection ON de ce plan et du plan horizontal (n° 1), et à une droite perpendiculaire à ON, qui sera la projection de la verticale Oz sur le premier plan. On a, par hypothèse,

$$\text{NOA} = \varphi, \quad \text{NOB} = 90^\circ + \varphi;$$

et ces angles sont comptés à partir de ON, au-dessus du plan horizontal. De plus, la verticale Oz étant dirigée au-dessous de ce plan, sa projection sur le plan de OA et OB fera des angles $90^\circ + \varphi$ et $180^\circ - \varphi$ avec les axes des x' et y'. D'après cela, on aura

$$x' = \text{X}\cos.\varphi - \text{Y}'\sin.\varphi, \quad y' = -\text{Y}'\cos.\varphi - \text{X}\sin.\varphi.$$

Changeons ensuite la direction des z' et Y' et conservons celle des X. Projetons l'axe des Y' sur le plan horizontal; et désignons par Y et Z les coordonnées de O' rapportées au prolongement de cette projection, et à la verticale Oz. A cause de

$$\text{CO}z = \theta,$$

l'axe des Y fera, avec l'axe OC des z', un angle égal à $90^\circ - \theta$, et avec celui des Y' un angle égal à $180^\circ - \theta$; l'axe des Z fera

des angles θ et $90^\circ - \theta$ avec les mêmes axes des z' et des Y'; par conséquent, on aura

$$z' = Z\cos.\theta + Y\sin.\theta, \quad Y' = -Y\cos.\theta + Z\sin.\theta.$$

En éliminant Y', nous aurons donc

$$x' = X\cos.\varphi + Y\cos.\theta\sin.\varphi - Z\sin.\theta\sin.\varphi,$$
$$y' = -X\sin.\varphi + Y\cos.\theta\cos.\varphi - Z\sin.\theta\cos.\varphi,$$
$$z' = Z\cos.\theta + Y\sin.\theta,$$

pour les valeurs de x', y', z', dans lesquelles il ne restera plus qu'à substituer celles de X, Y, Z.

Or, je supposerai que le point O' se meut dans un plan fixe pour lequel je prendrai le plan des X et Y; je supposerai aussi que O' décrit uniformément un cercle dont le centre est O et le rayon l, et je représenterai par m sa vitesse angulaire qui sera une constante donnée. En comptant le temps t à partir de l'époque où la droite OO' coïncide avec l'axe fixe d'où l'on compte l'angle ψ, et supposant que cet angle qui aboutit à la droite mobile ON, soit compté en sens contraire du mouvement de O', on aura, à un instant quelconque,

$$O'ON = mt + \psi.$$

Cela étant, les trois coordonnées X, Y, Z, auront pour valeurs

$$X = l\cos.(mt + \psi), \quad Y = l\sin(mt + \psi), \quad Z = 0,$$

en ayant égard au sens que l'on suppose aux axes des X et Y, d'après lequel le rayon vecteur OO' coïncide avec l'axe des

X, quand l'angle $mt+\psi$ est zéro, et avec l'axe des Y, lorsque cet angle est égal à 90°, abstraction faite, dans les deux cas, du multiple de 360°, qu'il pourra contenir. Pour fixer les idées, je regarderai toujours la vitesse m comme positive, et d'après le sens suivant lequel on compte l'angle ψ, si l'angle θ est aigu, la vitesse n sera positive ou négative, selon que la rotation, parallèlement à l'équateur, aura lieu dans le sens ou en sens contraire du mouvement révolutif de O'.

Si le point O' est le centre du soleil et O celui de la terre, et que l'axe Oz soit dirigé vers le pôle boréal de l'écliptique, m sera le moyen mouvement annuel; $mt+\psi$ exprimera la longitude moyenne du soleil, comptée dans le sens de son mouvement, à partir de l'équinoxe mobile du printemps; φ représentera l'ascension droite d'un point déterminé de l'équateur, et θ l'obliquité de l'écliptique considérée comme un plan fixe.

(20) Pour achever de rendre linéaires les équations du mouvement, nous supposerons encore que l'angle θ soit constamment très-petit; ce qui exige d'abord que sa valeur soit très-petite à l'origine du mouvement; et le calcul même, fondé sur cette supposition, nous fera ensuite connaître les conditions nécessaires et suffisantes pour que θ demeure un très-petit angle pendant toute la durée du mouvement.

Dans tout ce qui va suivre, je négligerai les puissances de θ supérieures à la première; ce qui revient à traiter cet écart de l'état d'équilibre, à un instant quelconque, comme un infiniment petit, ainsi que cela se pratique dans ce genre de questions.

Je mettrai donc partout θ et l'unité au lieu de sin.θ et cos.θ. A cause de $r=n$, la troisième équation (γ) du n° 3 deviendra

$$d\varphi - d\psi = n\,dt.$$

Toutes les droites menées par le point O sur le plan de l'équateur étant des axes principaux, puisqu'on a supposé $B = A$, on peut prendre telle de ces droites que l'on voudra pour l'axe OA. Je supposerai que cette droite fixe dans ce plan mobile, soit celle dont la projection sur le plan fixe où le point O' se meut, coïncidait, à l'époque d'où l'on compte le temps t, avec la ligne fixe d'où l'on compte l'angle ψ; de sorte que l'on ait $\varphi = \psi$, quand $t = 0$. En intégrant l'équation précédente, on aura, à un instant quelconque,

$$\psi = \varphi - nt; \qquad (4)$$

ce qui fera connaître ψ, lorsque l'angle φ aura été déterminé.

Si l'on met $d\varphi - n\,dt$ au lieu de $d\psi$ dans les deux premières équations (γ), et que l'on fasse

$$\theta \sin.\varphi = s, \quad \theta \cos.\varphi = s',$$

ces équations prendront la forme

$$p = -\frac{ds'}{dt} - ns, \qquad q = \frac{ds}{dt} - ns'. \qquad (5)$$

Les valeurs de p et q seront donc connues, lorsque l'on aura déterminé celles de s et s' en fonctions de t; en les joignant à la valeur constante et donnée de r, et les substituant dans les équations (α) du n° 2, on connaîtra, en grandeur et en direction, la vitesse de rotation du mobile.

Je mets aussi $\varphi - nt$ à la place de ψ dans les valeurs précédentes de X et Y. On en conclut ensuite

$$x' = X\cos.\varphi + Y\sin.\varphi = l\cos.(m-n)t,$$
$$y' = Y\cos.\varphi - X\sin.\varphi = l\sin.(m-n)t,$$
$$z' = \theta Y = ls\cos.(m-n)t + ls'\sin(m-n)t.$$

Au moyen de ces valeurs, jointes à celles de p, q, r; en ayant aussi égard aux valeurs de Fl et $F'l$, et aux équations (3); et en faisant, pour abréger,

$$\frac{C-A}{A} = c, \qquad \frac{Mgl\mu^2}{A} = \lambda^2,$$

les équations (1) deviendront

$$\left.\begin{aligned} \frac{d^2s}{dt^2} - (1-c)n\frac{ds'}{dt} + cn^2s &= \lambda^2\cos.(m-n)t, \\ \frac{d^2s'}{dt^2} + (1-c)n\frac{ds}{dt} + cn^2s' &= \lambda^2\sin.(m-n)t, \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

et les équations (2) se changeront en celles-ci :

$$\left.\begin{aligned} &\frac{d^2s}{dt^2} - (1-c)n\frac{ds'}{dt} + c\left(n^2 + \frac{3}{2}\mu^2\right)s = \\ &\qquad -\frac{3}{2}c\mu^2\left[s\cos.2(m-n)t + s'\sin.2(m-n)t\right], \\ &\frac{d^2s'}{dt} + (1-c)n\frac{ds}{dt} + c\left(n^2 + \frac{3}{2}\mu^2\right)s' = \\ &\qquad \frac{3}{2}c\mu^2\left[s'\cos.2(m-n)t - s\sin.2(m-n)t\right]; \end{aligned}\right\} \quad (7)$$

de manière que, relativement à ces inconnues s et s', les équations du mouvement sont maintenant réduites à la forme linéaire, ainsi qu'on se l'était proposé.

(21) Les intégrales complètes, soit des équations (6), soit des équations (7), renfermeront quatre constantes arbitraires. Or, si l'on compte le temps t, à partir de l'origine

du mouvement; que l'on désigne par ϵ et γ les valeurs initiales et données de l'angle ψ ou φ et de l'inclinaison θ; et que l'on représente par an et bn celles des vitesses p et q, qui seront aussi données; en sorte qu'on ait à la fois.

$$t=0,\quad \theta=\gamma,\quad \psi=\epsilon,\quad p=an,\quad q=bn,$$

il en résultera, d'après les formules (5),

$$\left.\begin{aligned} s&=\gamma\sin.\epsilon, & \frac{ds'}{dt}&=-n(a+\gamma\sin.\epsilon),\\ s'&=\gamma\cos.\epsilon, & \frac{ds}{dt}&=n(b+\gamma\cos.\epsilon),\end{aligned}\right\}\quad (8)$$

aussi pour $t=0$; et ces équations (8), en même nombre que les constantes arbitraires, suffiront pour les déterminer.

Par hypothèse, γ devra être un très-petit angle, qui exprimera la quantité dont l'axe de figure O C a été primitivement écarté de la perpendiculaire O z au plan où se meut le point O'. Nous supposerons que la partie O N de l'intersection de ce plan avec l'équateur, soit celle qui était la plus voisine de son rayon vecteur O O', à l'origine du mouvement. De cette manière l'angle initial ϵ ne surpassera pas $\pm 90°$: il sera positif ou négatif, selon qu'à cette époque le rayon O O' se trouvera en avant ou en arrière de O N dans le sens du mouvement de O'.

(22) La solution complète du problème, c'est-à-dire la détermination de l'état et de la position du mobile à un instant quelconque, ne dépendra donc plus que de l'intégration des deux équations (7), ou de celle des deux équations (6), selon que le point O sera ou ne sera pas le centre de gravité du mobile.

Dans les équations (6), les inconnues s et s', ainsi que leurs coefficients différentiels, n'ont pour coefficients que des quantités constantes; en sorte que ces deux équations linéaires et du second ordre s'intègrent sans difficulté par la méthode ordinaire; mais il sera encore plus simple de considérer successivement les deux systèmes des équations (1) et (5), linéaires et du premier ordre.

D'après les diverses suppositions qu'on a faites, les deux dernières équations (1) se réduisent à

$$\frac{dq}{dt} - cnp = \lambda^2 \cos.(n-m)t,$$
$$\frac{dp}{dt} + cnq = \lambda^2 \sin.(n-m)t;$$

en les intégrant et déterminant les deux constantes arbitraires d'après les valeurs initiales de p et q, que je supposerai nulles pour plus de simplicité, on trouve

$$q = \frac{\lambda^2[\sin.cnt + \sin.(n-m)t]}{n(1+c)-m},$$
$$p = \frac{\lambda^2[\cos.cnt - \cos.(n-m)t]}{n(1+c)-m}.$$

Je substitue ces expressions de p et q dans les équations (5), j'intègre et je détermine les constantes arbitraires au moyen de la première et de la troisième équation (8); il vient

$$\left.\begin{aligned} s &= \gamma \sin.(nt+6) - \gamma'(\cos.cnt - \cos.nt) \\ &\quad + \gamma''[\cos.(m-n)t - \cos.nt], \\ s' &= \gamma \cos.(nt+6) - \gamma'(\sin.cnt + \sin.nt) \\ &\quad + \gamma''[\sin.(m-n)t + \sin.nt], \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

où l'on a fait, pour abréger,

$$\frac{\lambda^2}{n(1+c)[n(1+c)-m]}=\gamma', \quad \frac{\lambda^2}{m[n(1+c)-m]}=\gamma''.$$

Pour que l'angle θ demeure toujours très-petit, comme on l'a supposé, il sera nécessaire que les valeurs de s et s' soient aussi constamment très-petites. Pour cela, il ne suffira pas que γ soit un très-petit angle; il faudra, en outre, que γ' et γ'' soient de très-petites fractions. Quand cette condition ne sera pas remplie, l'angle θ, quelque peu considérable qu'il soit d'abord, cessera d'être très-petit au bout d'un certain temps, après lequel les formules précédentes ne seront plus applicables; en sorte qu'il faudra recourir à d'autres méthodes pour déterminer le mouvement du corps pendant toute sa durée. Lorsque les valeurs de γ' et γ'' seront très-petites, ainsi que la valeur de γ, l'angle θ dont la valeur est $\sqrt{s^2+s'^2}$ sera constamment très-petit, l'axe de figure OC s'écartera toujours très-peu de la perpendiculaire au plan fixe où se meut le centre O' de la force attractive ou répulsive, et les formules précédentes auront lieu pour toutes les valeurs de t. Voici, dans le numéro suivant, les conséquences qui se déduisent de ces formules.

(23) Les valeurs de $\frac{p}{n}$ et $\frac{q}{n}$ seront aussi très-petites. En négligeant leurs cubes et leurs produits du troisième ordre, on aura, en vertu des équations (α) du n° 2,

$$\eta=2\gamma'(1+c)\sin.\tfrac{1}{2}[n(1+c)-m]t,$$

pour l'angle compris entre l'axe instantané de rotation OI et l'axe de figure OC; ce qui montre que ces deux droites mobiles s'écarteront toujours très-peu l'une de l'autre.

L'axe instantané s'écartera également très-peu de la perpendiculaire au plan fixe; car d'après la formule (6) du numéro cité, on a, à très-peu près,

$$\cos. \mathrm{I} = 1 - \frac{ps}{n} - \frac{qs'}{n},$$

et, par conséquent,

$$\mathrm{I} = \sqrt{2\left(\frac{ps}{n} + \frac{qs'}{n}\right)},$$

pour la valeur de l'angle I, compris entre ces deux droites, lequel sera très-petit, à cause des fractions $\frac{p}{n}$ et $\frac{q}{n}$, et des valeurs de s et s'.

Les moments des quantités de mouvement se composant suivant les mêmes lois que les vitesses de translation, et, conséquemment, suivant les mêmes lois que les vitesses de rotation; et d'un autre côté, les moments, par rapport aux trois axes principaux OA, OB, OC, ayant pour valeurs Ap, Bq, Cr (n° 4), et les vitesses autour des mêmes axes étant p, q, r, il s'ensuit que les formules relatives à la direction de l'axe OM du moment principal, se déduiront de celles qui se rapportent à la direction de l'axe instantané OI, en changeant p, q, r, en Ap, Bq, Cr. Par conséquent, si l'on appelle i ce que devient I relativement à l'axe OM, c'est-à-dire, l'angle que fait cette droite avec la perpendiculaire au plan fixe, et si l'on observe que B $=$ A et $r = n$, on aura

$$i = \sqrt{2\left(\frac{\mathrm{A}ps}{\mathrm{C}n} + \frac{\mathrm{A}qs'}{\mathrm{C}n}\right)}:$$

d'où l'on conclut

$$i\sqrt{\mathrm{C}} = \mathrm{I}\sqrt{\mathrm{A}};$$

ce qui montre que les deux angles i et I, qui sont situés dans un même plan perpendiculaire à l'équateur (n° 18), seront aussi entre eux dans un rapport constant.

En vertu des équations (α) et des valeurs précédentes de p et q, la trace du plan de ces deux angles sur l'équateur, fera, avec l'axe OA, un angle ζ déterminé par l'équation

$$\text{tang.}\,\zeta = \frac{\cos.\,cnt - \cos.\,(m-n)\,t}{\sin.\,cnt - \sin.\,(m-n)\,t},$$

ou, ce qui est la même chose,

$$\text{tang.}\,\zeta = \text{tang.}\,\frac{1}{2}\left[m - n\,(1+c)\right]t.$$

On aura donc

$$\zeta = \frac{1}{2}\left[m - n\,(1+c)\right]t;$$

ce qui montre que cette trace parcourra uniformément le plan de l'équateur, avec une vitesse angulaire, positive ou négative, égale à $\frac{1}{2}\left[m - n\,(1+c)\right]t$: selon qu'on aura $m > n(1+c)$ ou $m < n(1+c)$, ce mouvement se fera dans le sens ou en sens contraire de celui du point O′ sur le plan fixe.

Le mouvement de l'intersection ON de l'équateur et du plan fixe sur ce second plan, qui dépend de l'angle ψ, est plus compliqué que le précédent, dépendant de l'angle ζ. Il se simplifie lorsque les rapports $\frac{\gamma'}{\gamma}$ et $\frac{\gamma''}{\gamma}$ sont de très-petites fractions. Après avoir mis $\theta \sin.\varphi$ et $\theta \cos.\varphi$ à la place de s et s' dans les équations (9), on en déduit

$$\theta \sin.(\varphi - nt - 6) = \gamma'[\cos. 6 - \cos.(nt + cnt + 6)]$$
$$- \gamma''[\cos. 6 - \cos.(mt + 6)]\, t,$$
$$\theta \cos.(\varphi - nt - 6) = \gamma + \gamma'[\sin. 6 - \sin.(nt + cnt + 6)]$$
$$- \gamma''[\sin. 6 - \sin.(mt + 6)]\, t.$$

En divisant ces équations membre à membre, on aura la valeur de $\varphi - nt - 6$; et si l'on néglige les carrés et le produit des rapports $\frac{\gamma'}{\gamma}$ et $\frac{\gamma''}{\gamma}$ supposés très-petits, on en conclura ensuite

$$\varphi - nt - 6 = \frac{\gamma'}{\gamma}\Big[\cos. 6 - \cos.(nt + cnt + 6)\Big]$$
$$- \frac{\gamma''}{\gamma}\Big[\cos. 6 - \cos.(mt + 6)\Big].$$

En vertu de l'équation (4), il en résultera donc

$$\psi = 6 + \frac{1}{\gamma}(\gamma' - \gamma'')\cos. 6 - \frac{\gamma'}{\gamma}\cos.(nt + cnt + 6)$$
$$+ \frac{\gamma''}{\gamma}\cos.(mt + 6);$$

ce qui fait voir que, dans ce cas, la droite ON fera de très-petites oscillations de part et d'autre de sa position initiale. Dans d'autres cas, le mouvement de cette droite sera révolutif, comme celui qui dépend de l'angle ζ.

(24) Nous allons actuellement considérer le mouvement qui dépend des équations (7). Le point O par lequel le mobile est retenu étant alors son centre de gravité, et ce corps étant un solide de révolution, ce mouvement sera celui d'un corps que l'on a très-peu écarté de son état d'équilibre, c'est-à-dire, de l'état où il resterait, quel que fût le mouvement du

point O′ dans un plan fixe passant par le point O, si l'équateur n'eût pas été un peu écarté de ce plan, et que l'on n'eût imprimé aucune vitesse au mobile. Cet équilibre sera *stable* lorsque l'angle θ demeurera toujours très-petit, et *non stable* dans le cas contraire. Les équations (7) sont seulement applicables au cas où le mobile a été un tant soit peu écarté d'un état d'équilibre stable; elles supposent que les valeurs des deux inconnues s et s' sont de très-petites fractions, à l'origine du mouvement, et pendant toute sa durée.

Quoique ces inconnues soient multipliées par des coefficients variables dans les seconds membres des équations (7), ces équations linéaires, d'après leur forme particulière, sont néanmoins intégrables sous forme finie, et leurs intégrales complètes sont semblables à celles qui auraient lieu si tous les coefficients étaient constants.

Je remplacerai les équations (7) par celles-ci :

$$\left.\begin{aligned}\frac{d^2s}{dt^2} - e\frac{ds'}{dt} + hs &= -k\left[s\cos.2gt + s'\sin.2gt\right],\\ \frac{d^2s'}{dt^2} + e\frac{ds}{dt} + hs' &= k\left[s'\cos.2gt - s\sin.2gt\right],\end{aligned}\right\}\quad(10)$$

dans lesquelles on prendra

$$e=(1-c)n,\quad g=m-n,$$
$$h=c(n^2+\tfrac{3}{2}\mu^2),\quad k=\tfrac{3}{2}c\mu^2,$$

pour les faire coïncider avec les équations données. La vitesse n étant positive ou négative selon que le mouvement de rotation parallèle à l'équateur a lieu dans le sens ou en sens

contraire du mouvement du point O', et pouvant être plus petite ou plus grande que la vitesse m de ce point, qui est toujours supposée positive; la constante c étant aussi positive ou négative selon que le mobile est aplati ou allongé suivant son axe de figure; et enfin, la quantité μ devant être remplacée par $\mu\sqrt{-1}$ quand l'attraction qui émane du point O' se change en une force répulsive, il s'ensuit que les constantes e, g, h, k, pourront être des quantités positives ou négatives, dont les grandeurs et les signes seront donnés dans chaque exemple.

(25) Pour satisfaire aux équations (10), je désigne par D, E, ρ, ρ_1, f, f_1, des constantes indéterminées, et je prends

$$s = \mathrm{D}\sin.(\rho t + f) + \mathrm{E}\sin.(\rho_1 t + f_1),$$
$$s' = -\mathrm{D}\cos.(\rho t + f) - \mathrm{E}\cos.(\rho_1 t + f_1).$$

En substituant ces valeurs de s et s' dans ces deux équations, il vient

$$(h - e\rho - \rho^2)\,\mathrm{D}\sin.(\rho t + f) + (h - e\rho_1 - \rho_1^2)\,\mathrm{E}\sin.(\rho_1 t + f_1)$$
$$= \mathrm{D}k\sin.[(2g - \rho)t - f] + \mathrm{E}k\sin.[(2g - \rho_1)t - f_1],$$
$$(h - e\rho - \rho^2)\,\mathrm{D}\cos.(\rho t + f) + (h - e\rho_1 - \rho_1^2)\,\mathrm{E}\cos.(\rho_1 t + f_1)$$
$$= \mathrm{D}k\cos.[(2g - \rho)t - f) + \mathrm{E}k\cos.[(2g - \rho_1)t - f_1).$$

Or, si nous désignons par λ une autre constante indéterminée, et que nous fassions

$$f_1 = -f, \quad \rho_1 = g + \lambda, \quad \rho = g - \lambda,$$

les deux équations qu'on vient de former deviendront

$$[h-e(g-\lambda)-(g-\lambda)^2]\,\mathrm{D}\sin.[(g-\lambda)t+f]$$
$$+[h-e(g+\lambda)-(g+\lambda)^2]\,\mathrm{E}\sin.[(g+\lambda)t-f]=$$
$$\mathrm{D}k\sin.[(g+\lambda)-f]+\mathrm{E}k\sin.[(g-\lambda)+f],$$
$$[h-e(g-\lambda)-(g-\lambda)^2]\,\mathrm{D}\cos.[(g-\lambda)t+f]$$
$$+[h-e(g+\lambda)-(g+\lambda)^2]\,\mathrm{E}\cos.[(g+\lambda)t-f]=$$
$$\mathrm{D}k\cos.[(g+\lambda)t-f]+\mathrm{E}k\cos.[(g-\lambda)t+f];$$

et si l'on égale actuellement les termes semblables dans leurs deux membres, on obtient quatre équations qui se réduisent à deux, savoir :

$$[h-e(g-\lambda)-(g-\lambda)^2]\,\mathrm{D}=\mathrm{E}k,$$
$$[h-e(g+\lambda)-(g+\lambda)^2]\,\mathrm{E}=\mathrm{D}k.$$

En multipliant celles-ci membre à membre, et supprimant ensuite le facteur commun D E, on aura

$$[h-eg-g^2-\lambda^2]^2-(e+2g)^2\lambda^2=k^2 \qquad (11)$$

pour l'équation qui servira à déterminer la constante λ; on satisfera ensuite aux deux équations précédentes en faisant

$$\mathrm{D}=k\mathrm{F}, \quad \mathrm{E}=[h-e(g-\lambda)-(g-\lambda)^2]\,\mathrm{F};$$

F étant une nouvelle constante qui restera indéterminée, ainsi que f. On pourra aussi prendre

$$\mathrm{D}=[h-e(g+\lambda)-(g+\lambda)^2]\,\mathrm{F}, \quad \mathrm{E}=k\mathrm{F};$$

et pour avoir des valeurs symétriques de D et E, qui se déduisent l'une de l'autre par le simple changement de signe

de λ, nous prendrons les demi-sommes de ces deux valeurs de D et de E, de sorte qu'on ait

$$\begin{aligned}
D &= [h+k-e(g+\lambda)-(g+\lambda)^2]\,F,\\
E &= [h+k-e(g-\lambda)-(g-\lambda)^2]\,F,
\end{aligned}$$

en mettant F au lieu de $\frac{1}{2}$ F.

Les deux termes des valeurs de s ou de s' se déduiront aussi l'un de l'autre par le changement des signes de λ et de f; en sorte que le signe de λ sera indifférent. L'équation (11) donne, en effet, quatre valeurs de λ qui sont deux à deux égales et de signes contraires : il suffira d'employer les deux valeurs dont les carrés sont différents ; je les désignerai par λ et λ'; en les mettant successivement dans les valeurs de s et s', changeant F et f en F′ et f', en même temps que λ en λ', et prenant les sommes des résultats, nous aurons

$$\left.\begin{aligned}
s = {} & [h+k-e(g+\lambda)-(g+\lambda)^2]\,F\sin.[(g-\lambda)t+f]\\
&+[h+k-e(g-\lambda)-(g-\lambda)^2]\,F\sin.[(g+\lambda)t-f]\\
&+[h+k-e(g+\lambda')-(g+\lambda')^2]\,F'\sin.[(g-\lambda')t+f']\\
&+[h+k-e(g-\lambda')-(g-\lambda')^2]\,F'\sin.[(g+\lambda')t-f'],\\
s' = {} & -[h+k-e(g+\lambda)-(g+\lambda)^2]\,F\cos.[(g-\lambda)t+f]\\
&-[h+k-e(g-\lambda)-(g-\lambda)^2]\,F\cos.[(g+\lambda)t-f]\\
&-[h+k-e(g+\lambda')-(g+\lambda')^2]\,F'\cos.[(g-\lambda')t+f']\\
&-[h+k-e(g-\lambda')-(g-\lambda')^2]\,F'\cos.[(g+\lambda')t-f'],
\end{aligned}\right\}\quad (12)$$

pour les intégrales complètes des équations (10); les quatre constantes arbitraires étant F, F′, f, f', ou plutôt F sin. f, F′ sin. f', F cos. f, F′ cos. f', qui n'entrent qu'au premier degré dans ces formules.

(26) En substituant ces valeurs de s et s' dans les équations (8) relatives à $t=0$, il vient

$$(e+2g)(\lambda \mathrm{F}\sin.f+\lambda' \mathrm{F}'\sin.f')=-\frac{1}{2}\gamma\sin.\mathcal{E}$$

$$(h+k+g^2-\lambda^2)\lambda\mathrm{F}\sin.f+(h+k+g^2-\lambda'^2)\lambda'\mathrm{F}'\sin.f'$$
$$=\frac{n}{2}(a+\gamma\sin.\mathcal{E}),$$

$$(h+k-eg-g^2-\lambda^2)\mathrm{F}\cos.f+(h+k-eg-g^2-\lambda'^2)\mathrm{F}'\cos.f'$$
$$=-\frac{1}{2}\gamma\cos.\mathcal{E},$$

$$[(h+k-eg-g^2)g+(e+g)\lambda^2]\mathrm{F}\cos.f$$
$$+[(h+k-eg-g^2)g+(e+g)\lambda'^2]\mathrm{F}'\cos.f'=\frac{n}{2}(b+\gamma\cos.\mathcal{E});$$

d'où l'on tire

$$\left.\begin{aligned}
&(e+2g)(\lambda'^2-\lambda^2)\lambda\mathrm{F}\sin.f=\frac{1}{2}(h+k+g^2-\lambda'^2)\gamma\sin.\mathcal{E}\\
&\qquad\qquad+\frac{n}{2}(e+2g)(a+\gamma\sin.\mathcal{E}),\\
&(e+2g)(\lambda^2-\lambda'^2)\lambda'\mathrm{F}'\sin.f'=\frac{1}{2}(h+k+g^2-\lambda^2)\gamma\sin.\mathcal{E}\\
&\qquad\qquad+\frac{n}{2}(e+2g)(a+\gamma\sin.\mathcal{E}),\\
&(e+2g)(h+k-eg-g^2)(\lambda^2-\lambda'^2)\mathrm{F}\cos.f\\
&\quad=\frac{1}{2}[(h+k-eg-g^2)g+(e+g)\lambda'^2]\gamma\cos.\mathcal{E}\\
&\qquad\qquad+\frac{n}{2}(h+k-eg-g^2-\lambda'^2)(b+\gamma\cos.\mathcal{E}),\\
&(e+2g)(h+k-eg-g^2)(\lambda'^2-\lambda^2)\mathrm{F}'\cos.f'\\
&\quad=\frac{1}{2}[(h+k-eg-g^2)g+(e+g)\lambda^2]\gamma\cos.\mathcal{E}\\
&\qquad\qquad+\frac{n}{2}(h+k-eg-g^2-\lambda^2)(b+\gamma\cos.\mathcal{E});
\end{aligned}\right\}\quad(13)$$

ce qui fera connaître les valeurs de $F \sin. f$, $F' \sin. f'$, $F \cos. f$, $F' \cos. f'$, qui seront des quantités finies, excepté dans les cas où les deux racines λ et λ' de l'équation (11) seront égales, où l'une d'elles sera zéro, où l'une des deux quantités $e+2g$ et $h+k-eg-g^2$ sera nulle. Dans tout autre cas, les valeurs initiales γ, a, b, de θ, $\frac{p}{n}$, $\frac{q}{n}$, pourront toujours être assez petites, pour que celles des quatre constantes arbitraires soient aussi très-petites.

Dans le cas de $\lambda'=\lambda$, on fera

$$\lambda=\lambda_1+\delta, \qquad \lambda'=\lambda_1-\delta,$$

et l'on considérera d'abord δ comme un infiniment petit. Les équations (13) donneront, pour les constantes arbitraires, des valeurs de cette forme :

$$F \sin. f=\frac{A}{\delta}+B, \qquad F' \sin. f'=-\frac{A}{\delta}+B,$$
$$F \cos. f=\frac{A'}{\delta}+B', \qquad F' \cos. f'=-\frac{A'}{\delta}+B',$$

dans lesquelles A, B, A', B', seront des quantités finies et connues. En même temps, les équations (12) deviendront

$$\begin{aligned}
s= & \, C \sin. (g-\lambda_1) t + D \cos. (g-\lambda_1) t \\
& + t[C' \cos. (g-\lambda_1) t + D' \sin. (g-\lambda_1) t] \\
& + C_1 \sin. (g+\lambda_1) t + D_1 \cos. (g+\lambda_1) t \\
& + t[C'_1 \cos. (g+\lambda_1) t + D'_1 \sin. (g+\lambda_1) t], \\
s'= & -C \cos. (g-\lambda_1) t - D \sin. (g-\lambda_1) t \\
& + t[C' \sin. (g-\lambda_1) t + D' \cos. (g-\lambda_1) t] \\
& - C_1 \cos. (g+\lambda_1) t - D_1 \sin. (g+\lambda_1) t \\
& + t[C'_1 \sin. (g+\lambda_1) t + D'_1 \cos. (g+\lambda_1) t];
\end{aligned}$$

C, D, C′, D′, $C_{,}$, $D_{,}$, $C'_{,}$, $D'_{,}$, étant aussi des coefficients constants et de grandeur finie. Ces valeurs de s et s' contenant le temps t en dehors des sinus et des cosinus, elles croîtront indéfiniment, et ne seront plus applicables au bout d'un certain temps, quelque petites qu'elles soient à l'origine du mouvement, si ce n'est dans le cas particulier où les coefficients C′, D′, $C'_{,}$, $D'_{,}$, seront zéro, ce qui fera disparaître les termes non-périodiques des formules précédentes. Ce cas de $\lambda'=\lambda$ est donc un de ceux où l'équilibre dont le mobile a été écarté n'était pas stable, et qui ne sont pas compris dans notre analyse.

En écrivant l'équation (11) sous la forme

$$\lambda^4 - 2\lambda^2\left(h + eg + g^2 + \frac{1}{2}e^2\right) + (h + k - eg - g^2)(h - k - eg - g^2) = 0, \qquad (14)$$

on voit qu'elle ne pourra pas avoir une racine égale à zéro, à moins que l'un des deux facteurs de son dernier terme ne soit nul. Supposons que ce soit le premier, et que cette racine soit λ'. En faisant

$$h + k - eg - g^2 = -\delta,$$

et considérant d'abord δ comme un infiniment petit, on aura

$$\lambda'^2 = \frac{k\delta}{h + eg + g^2 + \frac{1}{2}e^2}.$$

La quantité δ sera facteur commun aux deux membres de la troisième équation (13), de laquelle on tirera, en conséquence, une valeur finie pour $F\cos. f$; la première équation

(13) donnera aussi une valeur finie pour $F \sin. f$. On déduira des deux autres équations (13), des valeurs de cette forme

$$\lambda' F' \sin. f' = A, \qquad \delta F' \cos. f' = B,$$

dans lesquelles A et B sont des quantités finies, de sorte que les valeurs de $F' \sin. f'$ et $F' \cos. f'$ seront infinies. Or, les parties des formules (12) qui dépendent de ces deux quantités se réduiront à

$$\begin{aligned}
&-2\delta F' \cos. f' \sin. gt - 2(e+2g)\lambda' F' \sin. f' \cos. gt \\
&\qquad -2\delta\lambda' F' \sin. f'. t \sin. gt, \\
&2\delta F' \cos. f' \cos. gt - 2(e+2g)\lambda' F' \sin. f' \sin. gt \\
&\qquad +2\delta\lambda' F' \sin. f'. t \cos. gt,
\end{aligned}$$

en négligeant les puissances de λ' supérieures à la première. Si donc on y substitue les valeurs précédentes de $\lambda' F' \sin. f'$ et $\delta F' \cos. f'$, elles ne contiendront plus de quantités infinies, et leurs derniers termes, où se trouve le temps t en dehors des sinus et cosinus, s'évanouiront à raison du facteur δ. Il n'en sera plus de même, comme il est facile de s'en assurer, lorsque ce sera le second facteur du dernier terme de l'équation (14) que l'on supposera nul : les termes de s et s', qui contiendront le temps t en dehors des sinus et des cosinus, ne disparaîtront plus; et, comme dans le cas des racines égales, les formules (12) ne pourront plus être employées pendant toute la durée du mouvement.

D'après les valeurs de e, g, h, k, du n° 24, on a

$$h - k - eg - g^2 = m(n + cn - m);$$

il s'ensuit donc que l'état d'équilibre dont le corps a été

écarté n'est pas stable, lorsque l'on a $m=n(1+c)$, et dans le cas de $m=0$, c'est-à-dire, dans le cas où le centre O' de la force est un point fixe, comme le centre de gravité O du mobile.

Enfin, dans le cas où le facteur $e+2g$ des premiers membres des équations (13) sera égal à zéro, on fera

$$e+2g=\delta,$$

et l'on traitera d'abord δ comme un infiniment petit. L'équation (14) donnera alors

$$\lambda^2=h+g^2+\frac{1}{2}e\delta+k, \qquad \lambda'^2=h+g^2+\frac{1}{2}e\delta-k;$$

au moyen de quoi les équations (13) deviendront

$$\begin{aligned}
&2\delta k\lambda \mathrm{F}\sin.f=-k\gamma\sin.\beta,\\
&2\delta k\lambda'\mathrm{F}'\sin.f'=-\frac{1}{4}e\delta\gamma\sin.\beta+\frac{1}{2}n\delta(a+\gamma\sin.\beta),\\
&2\delta k(h+k+g^2)\mathrm{F}\cos.f=gk\gamma\cos.\beta+nk(b+\gamma\cos.\beta),\\
&2\delta k(h+k+g^2)\mathrm{F}'\cos.f'=-\frac{1}{2}(h+k+g^2)\delta\gamma\cos.\beta;
\end{aligned}$$

d'où l'on tirera pour $\mathrm{F}\sin.f$ et $\mathrm{F}\cos.f$ des valeurs infinies, et pour $\mathrm{F}'\sin.f'$ et $\mathrm{F}'\cos.f'$ des valeurs finies; mais, en même temps, les formules (12) deviendront aussi

$$\begin{aligned}
s=&-\lambda\delta\mathrm{F}\sin.[(g-\lambda)t+f]\\
&+\lambda\delta\mathrm{F}\sin.[(g+\lambda)-f]\\
&+2k\left(\mathrm{F}'\sin.[(g-\lambda')t+f']+\mathrm{F}'\sin.[(g+\lambda')t-f']\right),
\end{aligned}$$

$$s' = \lambda\delta F \cos.[(g-\lambda)t+f]$$
$$-\lambda\delta F\cos.[(g+\lambda)t-f]$$
$$-2k\left(F'\cos.[(g-\lambda')t+f']+F\cos.[(g+\lambda')t-f']\right);$$

et après l'élimination des quatre constantes arbitraires, il est évident que ces expressions de s et s' ne contiendront plus que des coefficients de grandeur finie.

(27) Il ne suffit pas que les valeurs des constantes arbitraires, tirées des équations (13), soient très-petites pour que les valeurs de s et s', données par les formules (12), soient aussi constamment très-petites. Si les racines λ et λ' de l'équation (11) sont imaginaires, les sinus et les cosinus contenus dans ces formules se changeront en exponentielles; les valeurs de s et s' qu'elles expriment croîtront donc indéfiniment; quelque petites qu'elles soient à l'origine du mouvement, elles finiront toujours par être très-grandes; ce qui prouve que, dans ce cas, les véritables valeurs de ces inconnues ne peuvent être constamment très-petites et déterminées par l'analyse précédente. Pour qu'on puisse faire usage des formules (12) pendant toute la durée du mouvement, il faut donc s'assurer de la réalité des valeurs de λ et λ'.

Or, en résolvant l'équation (14), on obtient d'abord

$$\left.\begin{aligned}\lambda^2 &= h+eg+g^2+\tfrac{1}{2}e^2+\sqrt{4(h+\tfrac{1}{4}e^2)(g+\tfrac{1}{2}e)^2+k^2},\\ \lambda'^2 &= h+eg+g^2+\tfrac{1}{2}e^2-\sqrt{4(h+\tfrac{1}{4}e^2)(g+\tfrac{1}{2}e)^2+k^2}.\end{aligned}\right\}\quad(15)$$

Si la valeur de h est négative, ces valeurs de λ^2 et λ'^2 pourront être imaginaires ou égales; mais dorénavant nous supposerons que la force qui émane du point O' soit attractive, et que

le mobile soit aplati suivant son axe de figure, ce qui rendra positive la valeur de h; et alors, il est évident que ces valeurs de λ^2 et λ'^2 seront toujours réelles et inégales. De plus, en vertu de l'équation (14), leur somme et leur produit auront pour valeurs

$$\lambda^2+\lambda'^2=2h+2(g+\tfrac{1}{2}e)^2+\tfrac{1}{2}e^2,$$
$$\lambda^2\lambda'^2=(h-eg-g^2)^2-k^2.$$

Leur somme sera donc positive, comme la quantité h; et pour que les quantités λ et λ' soient réelles, il sera nécessaire et il suffira que le produit $\lambda^2\lambda'^2$ soit positif. En y substituant les valeurs de e, g, h, k, données dans le n° 24, on trouve

$$\lambda^2\lambda'^2=m(n+cn-m)[m(n+cn-m)+3c\mu^2];$$

en sorte qu'il sera facile de juger du signe de ce produit par ceux de ses deux derniers facteurs; le premier facteur m étant toujours considéré comme positif (n° 19).

Généralement ce produit sera aussi positif. Pour qu'il ne le soit pas, il faudra que la différence $m-n(1+c)$ soit positive et qu'en même temps $3c\mu^2$ surpasse cette différence multipliée par m: quand on aura $n=0$, par exemple, il faudra que l'on ait $3c\mu^2>m^2$; et si $\mu=m$, comme dans le cas de la terre attirée par le soleil, il sera nécessaire que l'aplatissement du mobile suivant son axe de figure soit très-considérable, et que c ou $\frac{C-A}{A}$ surpasse $\frac{1}{3}$. Dans les applications que l'on fera des formules (12), on exclura les cas particuliers où ce produit serait

négatif, et ceux où l'un de ses deux premiers facteurs aurait zéro pour valeur.

Les valeurs de s et s', données par ces formules, seront alors des quantités périodiques, renfermées entre des limites plus ou moins étroites; il en sera de même à l'égard de la valeur de θ ou $\sqrt{s^2 + s'^2}$; en sorte que l'axe de figure OC du mobile fera, autour de la perpendiculaire au plan fixe où se meut le point O′, des oscillations dont les amplitudes seront très-petites, comme les constantes γ, a, b, tandis que leurs durées seront, au contraire, indépendantes de l'état initial du mobile, et ne dépendront que des quatre quantités $g \pm \lambda$ et $g \pm \lambda'$, ou, par conséquent, des trois vitesses n, m, μ, et de la constante c.

En supposant que la vitesse n ne soit pas nulle, les valeurs de p et q, données par les équations (5), seront aussi constamment très-petites par rapport à n. En vertu des équations (α) du n° 2, la vitesse angulaire ω différera toujours très-peu de sa composante n. L'axe instantané OI fera de très-petites oscillations autour de l'axe de figure OC; on verra, comme dans le n° 23, qu'il s'écartera aussi très-peu de la perpendiculaire au plan fixe, et que les angles désignés par i et I dans ce numéro, conserveront entre eux un rapport constant.

(28) Considérons, en particulier, le cas où la constante c est une très-petite fraction; ce qui suppose le mobile très-peu aplati suivant son axe de figure.

La quantité k^2 ayant le carré de c pour facteur, si la vitesse angulaire $g + \frac{1}{2}e$ n'est pas très-petite par rapport à la vitesse μ contenue aussi dans k, on pourra développer le radical que renferment les formules (15), en série très-convergente,

ordonnée suivant les puissances de k^2. Par la formule du binome, on aura

$$\sqrt{4(h+\tfrac{1}{4}e^2)(g+\tfrac{1}{2}e)^2+k^2}$$
$$=2(g+\tfrac{1}{2}e)\sqrt{h+\tfrac{1}{4}e^2}\left(1+\frac{k^2}{8(g+\frac{1}{2}e)^2(h+\frac{1}{4}e^2)}-\text{etc.}\right).$$

De plus, si la vitesse e n'est pas non plus très-petite par rapport à μ, on aura aussi

$$\sqrt{\tfrac{1}{4}e^2+h}=\frac{1}{2}e+\frac{h}{e}-\frac{h^2}{e^3}-\text{etc.},$$

en série convergente, ordonnée suivant les puissances de h, qui a c pour facteur. De cette manière, les formules (15) deviendront d'abord

$$\lambda^2=(g+e)^2+\frac{2h}{e}(g+e)-\frac{h^2}{e^3}(2g+e)+\frac{k^2}{e(2g+e)}-\text{etc.},$$
$$\lambda'^2=g^2-\frac{2gh}{e}+\frac{h^2}{e^3}(2g+e)-\frac{k^2}{e(2g+e)}+\text{etc.}$$

Enfin, en supposant que les vitesses $g+e$ et g ne soient pas très-petites relativement à μ, on déduira de ces formules des valeurs de λ et λ' en séries convergentes, ordonnées suivant les puissances h et k, savoir :

$$\lambda=g+e+\frac{h}{e}-\frac{h^2}{e^3}+\frac{k^2}{2e(g+e)(2g+e)}-\text{etc.},$$
$$\lambda'=g-\frac{h}{e}+\frac{h^2}{e^3}-\frac{k^2}{2g(2g+e)}+\text{etc.}$$

On donnera plus loin des exemples de cas où l'une des quantités $2g+e$, $g+e$, g, e, est zéro. Actuellement, nous supposerons qu'aucune d'elles ne soit zéro, ou très-petite par rapport à μ; ce qui permettra d'employer ces dernières valeurs de λ et λ', qui se réduisent à

$$\lambda = g + e + \frac{h}{e}, \qquad \lambda' = g - \frac{h}{e},$$

quand on néglige le carré de c.

(29) Si les valeurs initiales de p et q sont nulles, le mouvement que nous considérons sera uniquement dû à l'attraction du point O' combinée avec la vitesse n du mobile autour de son axe de figure, et les lois en seront faciles à énoncer. En faisant $a=0$ et $b=0$ dans les équations (13), et ayant égard aux valeurs de λ, λ', e, g, h, k, celles que l'on trouve pour $F'\sin.f'$ et $F'\cos.f'$ ont c pour facteur, et sont

$$F'\sin.f' = -\frac{3c\mu^2\gamma\sin.\epsilon}{2n^2(2m-n)^2}, \quad F'\cos.f' = \frac{3c\mu^2 m\gamma\cos.\epsilon}{2n^2(2m-n)^2(m-n)}.$$

Pour plus de simplicité, je néglige, dans les valeurs de $F\sin.f$ et $F\cos.f$, la partie qui a c pour facteur, par rapport à celle qui est indépendante de c; il en résulte

$$F\sin.f = -\frac{\gamma\sin.\epsilon}{2m(2m-n)}, \quad F\cos.f = \frac{\gamma\cos.\epsilon}{2m(2m-n)}.$$

Au moyen de ces valeurs, celles de s et s' deviennent, au même degré d'approximation,

$$\left.\begin{aligned}
s &= \gamma \sin.\left(6 + nt + \frac{3c\mu^2}{2n}t\right) \\
&\quad + \frac{3c\mu^2\gamma}{4m(2m-n)}\sin.\left[6 + (2m-n)t + \frac{3c\mu^2}{2n}t\right] \\
&+ \frac{3c\mu^2\gamma}{2n^2}\sin.\left(6 - cnt - \frac{3c\mu^2}{2n}t\right) \\
&\quad - \frac{3c\mu^2\gamma}{2n(2m-n)}\sin.\left[6 + cnt + \frac{3c\mu^2}{2n}t\right], \\
s' &= \gamma \cos.\left(6 + nt + \frac{3c\mu^2}{2n}t\right) \\
&\quad - \frac{3c\mu^2\gamma}{4m(2m-n)}\cos.\left[6 + (2m-n)t + \frac{3c\mu^2}{2n}t\right] \\
&- \frac{3c\mu^2\gamma}{2n^2}\cos.\left(6 - cnt - \frac{3c\mu^2}{2n}t\right) \\
&\quad + \frac{3c\mu^2\gamma}{2n(2m-n)}\cos.\left[6 + cnt + \frac{3c\mu^2}{2n}t\right].
\end{aligned}\right\} \quad (16)$$

La valeur de $\sqrt{s^2 + s'^2}$ ou de θ que l'on en déduira, sera évidemment de la forme :

$$\theta = \gamma(1 + c\varpi),$$

en désignant par ϖ une quantité périodique. A cause du coefficient c de cette quantité, il s'ensuit donc que l'angle θ variera dans un très-petit rapport : l'axe de figure OC du mobile se mouvra à très-peu près sur un cône droit à base circulaire dont l'axe sera la perpendiculaire au plan fixe où se meut le point O'; et l'inclinaison de son équateur sur ce plan sera à très-peu près constante. Par un calcul semblable à celui du n° 23, et en désignant par ϖ' une autre quantité

périodique, ces équations (16) donneront aussi pour l'angle φ une valeur de cette forme :

$$\varphi = \epsilon + nt + \frac{3c\mu^2}{2n}t + c\varpi'.$$

En vertu de l'équation (4), on aura donc

$$\psi = \epsilon + \frac{3c\mu^2}{2n}t + c\varpi';$$

d'où l'on conclut que le mouvement de la droite ON sur le plan fixe, sera révolutif, et très-lent à raison du facteur c qui entre dans le coefficient du terme progressif; que la vitesse angulaire de cette droite sera uniforme, abstraction faite de la petite inégalité dépendante du terme périodique; que cette vitesse aura le même signe que la vitesse n du mouvement parallèle à l'équateur, puisque l'on a supposé la quantité c positive; et comme l'angle ψ est compté à partir d'une ligne fixe, en sens contraire du mouvement du point O' (n° 19), il s'ensuit que le mouvement de ON sera rétrograde ou direct par rapport au mouvement de O', selon que la vitesse n sera positive ou négative, et qu'il sera toujours rétrograde par rapport au mouvement du mobile parallèlement à son équateur.

Si la vitesse n est très-grande par rapport à μ, et que l'on néglige, en conséquence, les termes des formules (16) qui ont n^2 pour diviseur; si, de plus, on a $\mu = m$, comme dans le mouvement de la terre attirée par le soleil (n° 17), on aura simplement

$$\theta \sin.\varphi = \gamma \sin.\left(\beta + nt + \frac{3cm^2}{2n}t\right)$$
$$- \frac{3cm\gamma}{4n}\sin.\left[\beta + (2m - n)t + \frac{3cm^2}{2n}t\right],$$
$$\theta \cos.\varphi = \gamma \cos.\left(\beta + nt + \frac{3cm^2}{2n}t\right)$$
$$+ \frac{3cm\gamma}{4n}\cos.\left[\beta + (2m - n)t + \frac{3cm^2}{2n}t\right].$$

En négligeant le carré de c, on tire de là

$$\theta = \gamma + \frac{3cm\gamma}{4n}\cos.2\left(\beta + mt + \frac{3cm^2}{2n}t\right).$$

On en déduit aussi

$$\theta \sin.\left(\varphi - \beta - nt - \frac{3cm^2}{2n}t\right) = -\frac{3cm\gamma}{4n}\sin.2\left(\beta + mt + \frac{3cm^2}{2n}t\right);$$

de cette équation et de la valeur précédente de θ, on conclut, à ce même degré d'approximation,

$$\varphi - \beta - nt - \frac{3cm^2}{2n}t = -\frac{3cm}{4n}\sin.2\left(\beta + mt + \frac{3cm^2}{2n}t\right);$$

et, en vertu de l'équation (4), il en résultera

$$\psi = \beta + \frac{3cm^2}{2n}t - \frac{3cm}{4n}\sin.2\left(\beta + mt + \frac{3cm^2}{2n}t\right).$$

Ces valeurs de θ et ψ coïncident avec celles de la *Mécanique céleste* (*), lorsque l'on supprime dans celles-ci les termes re-

(*) Tome II, p. 318.

latifs à l'action de la lune, et ceux qui dépendent du déplacement de l'écliptique; que l'on néglige, en outre, le carré de l'obliquité, et que l'on considère la terre comme un solide de révolution.

(30) Lorsque les vitesses m et n du mouvement du point O′ et du mouvement du mobile parallèlement à son équateur, sont égales et de même signe, tous les coefficients des équations (7) sont constants, et leurs intégrales s'obtiennent immédiatement par les règles ordinaires. Mais ces intégrales seront aussi comprises, comme cas particulier, dans les équations (12).

Dans ce cas, on aura $g = 0$; ce qui réduira les formules (15) à

$$\lambda^2 = h + \frac{1}{2}e^2 + \sqrt{(h + \frac{1}{4}e^2)\frac{e^2}{4} + k^2},$$

$$\lambda'^2 = h + \frac{1}{2}e^2 - \sqrt{(h + \frac{1}{4}e^2)\frac{e^2}{4} + k^2}.$$

Si l'on suppose toujours la quantité c très-petite, et que la vitesse e ou $n(1-c)$ ne le soit pas, on pourra encore développer ces valeurs de λ^2 et λ'^2 en séries convergentes, ordonnées suivant les puissances et les produits de h et k. De cette manière, on aura

$$\lambda^2 = e^2 + 2h - \frac{h^2}{e^2} + \frac{k^2}{e^2} + \text{etc.},$$

$$\lambda'^2 = \frac{h^2}{e^2} - \frac{k^2}{e^2} - \text{etc.};$$

d'où l'on déduit

$$\lambda = n + \frac{3c\mu^2}{2n}, \qquad \lambda' = c\sqrt{n^2 + 3\mu^2},$$

en ayant égard aux valeurs de c, h, k (n° 24), et négligeant le carré de c.

Je fais $g=0$ dans les équations (13); je mets λ^2 à la place de $\lambda^2-\lambda'^2$ dans leurs premiers membres; et dans les seconds, je fais

$$\lambda'^2=\frac{h^2-k^2}{e^2}=c(h+k).$$

En supprimant le facteur $e(h+k)$ qui sera commun aux deux membres de la troisième de ces équations, on trouve

$$e\lambda^3 \mathrm{F}\sin.f=-\frac{1}{2}(h+k)(1-c)\gamma\sin.6-\frac{1}{2}ne(a+\gamma\sin.6)$$

$$e\lambda^2\lambda'\mathrm{F}'\sin.f'=\frac{1}{2}(h+k-\lambda^2)\gamma\sin.6+\frac{1}{2}ne(a+\gamma\sin.6),$$

$$\lambda^2\mathrm{F}\cos.f=\frac{1}{2}c\gamma\cos.6+\frac{1}{2}(b+\gamma\cos.6),$$

$$e(h+k)\lambda^2\mathrm{F}'\cos.f'=-\frac{1}{2}e\lambda^2\gamma\cos.6-\frac{1}{2}n(h+k-\lambda^2)(b+\gamma\cos.6).$$

En même temps, les équations (12) deviennent

$$s=2e\lambda(\mathrm{F}\cos.f\sin.\lambda t-\mathrm{F}\sin.f\cos.\lambda t)$$
$$+2e\lambda'(\mathrm{F}'\cos.f'\sin.\lambda't-\mathrm{F}'\sin.f'\cos.\lambda't),$$
$$s'=\frac{2}{c}(1-c)(h-k)(\mathrm{F}\cos.f\cos.\lambda t+\mathrm{F}\sin.f\sin.\lambda t)$$
$$-2(1-c)(h+k)(\mathrm{F}'\cos.f'\cos.\lambda't+\mathrm{F}'\sin.f'\sin.\lambda't).$$

J'y substitue les valeurs de $\mathrm{F}\sin.f$, $\mathrm{F}\cos.f$, $\mathrm{F}'\sin.f'$, $\mathrm{F}'\cos.f'$, tirées des équations précédentes, et celles de λ, λ', e, h, k; puis je néglige, comme plus haut, dans le coefficient de chaque sinus ou cosinus, les termes multipliés par c par rapport à ceux qui en sont indépendants. En faisant aussi $a=0$

et $b=0$, et mettant $\theta \sin.\varphi$ et $\theta \cos.\varphi$ au lieu de s et s', il vient

$$\theta \sin.\varphi = \gamma \sin.\left(6 + nt + \frac{3c\mu^2}{2n}t\right) - \frac{3c\mu^2}{n\sqrt{n^2+3\mu^2}}\gamma \cos.6 \sin.\left(ct\sqrt{n^2+3\mu^2}\right),$$

$$\theta \cos.\varphi = \gamma \cos.\left(6 + nt + \frac{3c\mu^2}{2n}t\right) + \frac{3c\mu^2}{n^2}\gamma \cos.6 \cos.\left(ct\sqrt{n^2+3\mu^2}\right).$$

On tire de là pour θ et φ, comme dans le numéro précédent, des valeurs de cette forme :

$$\theta = \gamma(1 + c\varpi), \quad \varphi = 6 + nt + \frac{3c\mu^2}{2n}t + c\varpi';$$

ϖ et ϖ' étant des quantités périodiques. Il s'ensuit que l'équateur conserve à peu près une inclinaison constante sur le plan fixe où a lieu le mouvement du centre d'attraction, et que l'axe de figure se meut sur la surface d'un cône droit dont l'axe est la perpendiculaire à ce plan. En vertu de l'équation (4) on aura

$$\psi = 6 + \frac{3c\mu^2}{2n}t + c\varpi';$$

ce qui montre que le mouvement de la droite ON sur le plan fixe est révolutif et à peu près uniforme. Il est remarquable que la partie progressive de la valeur de ψ soit la même que celle qui a été déduite précédemment des équations (16), quoiqu'elles ne s'appliquent pas au cas de $m=n$ ou $g=0$.

Quoique nous ayons supposé ces deux vitesses m et n, égales et de même signe, ce qui a effectivement lieu dans le

mouvement de la lune, et quoique l'inclinaison de l'équateur sur le plan dans lequel se meut le point O' autour de O, ou le le point O autour de O', soit très-petite, comme dans le cas du satellite, il ne faut cependant pas confondre le mouvement de l'équateur que nous venons de déterminer, avec la *libration* en latitude. Ce phénomène dépend, comme on sait, de l'attraction de la terre sur la partie non sphérique de la lune, combinée avec le mouvement des nœuds de l'orbite lunaire; et, dans ce mémoire, nous avons, au contraire, fait abstraction du déplacement du plan dans lequel a lieu le mouvement du centre d'attraction autour du centre de gravité du mobile (n° 19) ou réciproquement.

Dans cet exemple, et dans celui du numéro précédent, le mouvement de la droite ON a été révolutif. Si l'on voulait qu'il fût simplement oscillatoire, il faudrait supposer que l'un des quatre angles $(g+\lambda)t$, $(g-\lambda)t$, $(g+\lambda')t$, $(g-\lambda')t$, fût égal à $\pm nt$, et déterminer, en outre, les constantes initiales γ, β, a, b, de manière que les coefficients des sinus et cosinus des trois autres angles fussent de très-petites fractions dans les expressions de s et s', données par les formules (12).

§ V.

Examen spécial du cas où la vitesse initiale du mobile est égale à zéro.

(31) Le cas où le mobile part du repos, de sorte que son mouvement de rotation autour de son centre de gravité O ne soit produit que par la seule attraction qui émane du

point O', mérite d'être examiné en particulier, à cause des singularités que ce mouvement présente, et pour rectifier les idées fausses qu'on s'en était faites.

Pour que la vitesse initiale de rotation soit zéro à l'origine du mouvement, il faudra que ses trois composantes soient nulles; nous ferons, en conséquence,

$$n = 0, \quad a = 0, \quad b = 0,$$

dans les formules précédentes. La composante r autour de l'axe de figure sera zéro pendant toute la durée du mouvement; l'axe instantané de rotation OI sera toujours situé dans le plan mobile de l'équateur; et il coïncidera constamment avec l'axe du moment principal des quantités de mouvement de tous les points du corps (n° 18). Les deux autres composantes p et q de la vitesse angulaire ω, acquerront des valeurs variables, qui demeureront toujours très-petites, comme la quantité γ dont le mobile a été primitivement écarté de son état d'équilibre : on suppose que cet état soit stable, afin de pouvoir employer les formules (12) du n° 25. L'angle η ou IOC étant droit, les équations (α) du n° 2 deviendront

$$p = \omega \sin. \zeta, \quad q = \omega \sin. \zeta, \quad \omega = \sqrt{p^2 + q^2},$$

et ζ sera l'angle IOA que fait l'axe instantané de rotation avec un rayon déterminé OA de l'équateur.

En vertu de l'équation (4) du n° 20, on aura aussi

$$\psi = \varphi, \quad s = \theta \sin. \psi, \quad s' = \theta \cos. \psi.$$

Ce rayon OA est celui dont la projection sur le plan fixe coïncidait primitivement avec le rayon vecteur OO' du centre

d'attraction. Les deux angles ψ et φ étant constamment égaux, il s'ensuit que cette coïncidence aura lieu pendant toute la durée du mouvement; en sorte que ce rayon oscillera constamment dans un même plan perpendiculaire au plan fixe.

Les valeurs de e, g, h, k, du n° 24, se réduisent à

$$e = 0, \quad g = m, \quad h = k = \frac{3}{2} c\mu^2.$$

Nous supposerons que la vitesse m ne soit ni zéro ni très-petite par rapport à μ, et nous ferons

$$\frac{3}{2} c\mu^2 = \alpha^2 m^2,$$

de sorte que α soit une fraction qui sera très-petite, mais beaucoup moins que la fraction c, lorsque le mobile sera très-aplati, suivant son axe de figure. Dans le cas de $\mu = m$, par exemple, on aurait

$$\alpha = \sqrt{\frac{3c}{2}} = \sqrt{\frac{3(C-A)}{2A}}.$$

Nous regarderons toujours α comme une quantité positive.

De cette manière, les équations (15) du n° 27 deviendront

$$\left.\begin{aligned} \lambda^2 &= m^2(1 + \alpha^2 + \alpha\sqrt{4+\alpha^2}), \\ \lambda'^2 &= m^2(1 + \alpha^2 - \alpha\sqrt{4+\alpha^2}); \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

et d'après ces différentes valeurs, les équations (13) du n° 26 donneront

$$\left.\begin{aligned}
F\sin.f &= -\frac{(\alpha+\sqrt{4+\alpha^2})\gamma\sin.\epsilon}{8\lambda m\sqrt{4+\alpha^2}},\\
F\sin.f' &= \frac{(\alpha-\sqrt{4+\alpha^2})\gamma\sin.\epsilon}{8\lambda' m\sqrt{4+\alpha^2}},\\
F\cos.f &= \frac{(\alpha-\sqrt{4+\alpha^2})\gamma\cos.\epsilon}{8m^2(2\alpha^2-1)\sqrt{4+\alpha^2}},\\
F'\cos.f' &= -\frac{(3\alpha+\sqrt{4+\alpha^2})\gamma\cos.\epsilon}{8m^2(2\alpha^2-1)\sqrt{4+\alpha^2}},
\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

pour les valeurs des constantes arbitraires que l'on devra employer dans les formules (12) du n° 25.

Ces formules, jointes aux équations (5) du n° 20, serviront ensuite à déterminer toutes les circonstances du mouvement que nous voulons examiner; mais pour simplifier les lois de ce mouvement, et pouvoir les énoncer plus facilement, je me bornerai à considérer le cas où le mobile est très-peu aplati suivant son axe de figure.

(32) Dans cette hypothèse, je négligerai les puissances de α supérieures à la troisième, en dehors et en dedans des sinus et cosinus que contiennent les formules (12). On tire alors des équations (1)

$$\lambda=(1+\alpha+\tfrac{1}{8}\alpha^3)m,$$

$$\lambda=(1-\alpha-\tfrac{1}{8}\alpha^3)m;$$

et au moyen de ces valeurs et des équations (2), les formules (12) deviennent, toutes réductions faites,

$$\left.\begin{aligned}
s = & \left[\left(1-\tfrac{1}{4}\alpha^2+\tfrac{1}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\sin.6\right.\\
& \left.+\tfrac{1}{4}\alpha^2\cos.6\sin.2mt\right]\gamma\cos.\delta mt\\
& -\tfrac{1}{2}\alpha\left[\left(1+\tfrac{5}{8}\alpha^2+\tfrac{3}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\cos.6\right.\\
& \left.-\tfrac{1}{4}\alpha^2\sin.6\sin.2mt\right]\gamma\sin.\delta mt,\\
s' = & \left[\left(1+\tfrac{1}{4}\alpha^2-\tfrac{1}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\cos.6\right.\\
& \left.+\tfrac{1}{4}\alpha^2\sin.6\sin.2mt\right]\gamma\cos.\delta mt\\
& -\tfrac{1}{2}\alpha\left[\left(1+\tfrac{1}{8}\alpha^2+\tfrac{1}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\sin.6\right.\\
& \left.+\tfrac{3}{4}\alpha^2\cos.6\sin.2mt\right]\gamma\sin.\delta mt,
\end{aligned}\right\} \quad (3)$$

où l'on a fait, pour abréger,

$$\alpha+\frac{1}{8}\alpha^3=\delta,$$

sous les sinus et cosinus. Il est aisé de vérifier qu'à ce degré d'approximation, ces valeurs de s et s' satisfont effectivement aux équations (7) du n° 20, quand $n=0$, et aux équations (8) du n° 21, réduites à

$$s=\gamma\sin.6,\quad s'=\gamma\cos.6,\quad \frac{ds}{dt}=0,\quad \frac{ds'}{dt}=0,$$

et relatives à $t=0$.

La valeur de θ ou de $\sqrt{s^2+s'^2}$ que l'on déduira de ces équations (3) sera proportionnelle à γ, et constamment très-petite. En négligeant, pour abréger, les termes dépendans de α^3, on aura

$$\theta^2 = \frac{1}{2}\gamma^2\left[1 + \frac{1}{4}\alpha^2 + \frac{1}{2}\alpha^2 \cos.2\,6 - \frac{1}{2}\,\alpha^2 \cos.2\,(mt + 6)\right]$$
$$+ \frac{1}{2}\gamma^2\left[1 - \frac{1}{4}\alpha^2 + \frac{1}{2}\alpha^2 \cos.2\,6 - \frac{1}{2}\,\alpha^2 \cos.2\,(mt + 6)\right]\cos.2\,\delta\, mt$$
$$- \frac{1}{2}\,\gamma^2\,\alpha \sin.2\,6 \sin.2\,\delta\, m\, t.$$

Abstraction faite du signe, on déterminera donc les *maxima* et les *minima* de l'inclinaison de l'équateur sur le plan fixe, en égalant à zéro la différentielle de cette valeur de θ^2; ce qui donne

$$\frac{1}{2}\,\alpha \sin.2(mt + 6)(1 + \cos.2\,\delta\, m\, t) - \sin.2\,\delta\, m\, t$$
$$- \alpha \sin.2\,6 \cos.2\,\delta\, m\, t = 0;$$

d'où l'on tire, pour l'angle $2\,\delta\, m\, t$, l'une ou l'autre de ces deux expressions :

$$2\,\delta\, m t = 2\,i.\,180^\circ + \alpha(\sin.2\,6' - \sin.2\,6),$$
$$2\,\delta\, m t = (2\,i + 1)\,180^\circ - \alpha \sin.2\,6,$$

en désignant par i un nombre entier quelconque ou zéro, et faisant

$$\frac{i.\,180^\circ}{\delta} + 6 = 6'.$$

La première répondra aux *maxima* de l'inclinaison, et la seconde à ses *minima;* d'où il résulte que deux *maxima* ou deux *minima* consécutifs seront séparés par un intervalle de temps constant et à peu près égal à $\frac{180^\circ}{\delta m}$, c'est-à-dire, par un intervalle de temps qui sera à la durée d'une demi-révolution du

centre d'attraction O′, comme l'unité est à la fraction δ. Au moyen de la première valeur de $2\delta mt$, on aura

$$\theta^2 = \gamma^2\left[1 + \frac{1}{2}\alpha^2(\cos.2\beta - \cos.2\beta')\left(1 - \frac{1}{2}\cos.2\beta - \frac{1}{2}\cos.2\beta'\right)\right],$$

et, par conséquent,

$$\theta = \gamma\left[1 + \frac{1}{4}\alpha^2(\cos.2\beta - \cos.2\beta')\left(1 - \frac{1}{2}\cos.2\beta - \frac{1}{2}\cos.2\beta'\right)\right];$$

ce qui montre que le premier *maximum*, qui répond à $i = 0$ et $\beta' = \beta$, sera égal à γ, et que les autres en différeront très-peu. En employant la seconde valeur de $2\delta mt$, on aura

$$\theta^2 = \frac{1}{4}\gamma^2 \cos.^2 2\beta.$$

Dans le cas de $\beta = \pm 45°$, le *minimum* de l'inclinaison sera donc zéro, et l'équateur atteindra le plan fixe, ou, du moins, il s'en approchera d'une quantité de l'ordre de celles que l'on a négligées. Dans tout autre cas, le *minimum* sera $\frac{1}{2}\alpha\gamma\cos.2\beta$ en grandeur absolue. Chaque *minimum* aura lieu du même côté que la position initiale de l'équateur, ou de l'autre côté du plan fixe, selon qu'avant d'y parvenir l'équateur aura ou n'aura pas traversé le plan fixe.

Pour que l'inclinaison θ puisse devenir zéro, il faudra que les formules (3) puissent être toutes deux nulles à la fois, et qu'on ait

$$\left[\left(1-\frac{1}{4}\alpha^2+\frac{1}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\sin.6+\frac{1}{4}\alpha^2\cos.6.\sin 2mt\right]\cos.\delta mt$$
$$=\frac{1}{2}\alpha\left[\left(1+\frac{5}{8}\alpha^2+\frac{3}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\cos.6\right.$$
$$\left.-\frac{1}{4}\alpha^2\sin.6\sin.2mt\right]\sin.\delta mt;$$
$$\frac{1}{2}\alpha\left[\left(1+\frac{1}{8}\alpha^2+\frac{1}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\sin.6+\frac{3}{4}\alpha^2\cos.6\sin.2mt\right]\sin.\delta mt$$
$$=\left[\left(1+\frac{1}{4}\alpha^2-\frac{1}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\cos.6\right.$$
$$\left.+\frac{1}{4}\alpha^2\sin.6\sin.2mt\right]\cos.\delta mt.$$

Je multiplie ces équations membre à membre; je néglige les puissances de α, supérieures à la troisième, puis je supprime le facteur commun $\frac{1}{2}\alpha\sin.\delta mt\cos.\delta mt;$ il vient

$$\left(1-\frac{1}{8}\alpha^2+\frac{1}{2}\alpha^2\cos.2mt\right)\sin.^2 6-\left(1+\frac{7}{8}\alpha^2+\frac{1}{2}\alpha^2\cos.2mt\right)\cos.^2 6.$$
$$+\alpha^2\sin.2mt\sin.6\cos.6=0.$$

Il faudra donc que cette équation donne pour l'angle $2mt$ une valeur réelle; ce qui exige que l'angle 6 ne diffère de $\pm 45°$ que d'une quantité de l'ordre de α^2. Il faudra, en outre, qu'en substituant cette valeur de $2mt$ dans l'une des deux équations précédentes, celle de tang. $2mt$, qui en résultera, s'accorde avec cette même valeur de $2mt$. Ce ne sera donc que dans des cas très-particuliers que l'inclinaison θ pourra devenir zéro; et généralement les oscillations de l'équateur auront lieu d'un même côté du plan fixe.

(33) En faisant, pour abréger,

$$\left(1-\frac{1}{4}\alpha^2+\frac{1}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\sin.6+\frac{1}{4}\alpha^2\sin.2mt\cos.6=\mathrm{P},$$

$$\left(1+\frac{5}{8}\alpha^2+\frac{3}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\cos.6-\frac{1}{4}\alpha^2\sin.2mt\sin.6=\mathrm{Q},$$

$$\left(1+\frac{1}{4}\alpha^2-\frac{1}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\cos.6+\frac{1}{4}\alpha^2\sin.2mt\sin.6=\mathrm{P}',$$

$$\left(1+\frac{1}{8}\alpha^2+\frac{1}{4}\alpha^2\cos.2mt\right)\sin.6+\frac{3}{4}\alpha^2\sin.2mt\cos.6=\mathrm{Q}';$$

mettant $\theta\sin.\psi$ et $\theta\cos.\psi$ au lieu de s et s', dans les équations (3); et divisant ensuite ces équations l'une par l'autre, il vient

$$\text{tang.}\,\psi=\frac{\mathrm{P}\cos.\delta mt-\frac{1}{2}\alpha\mathrm{Q}\sin.\delta mt}{\mathrm{P}'\cos.\delta mt-\frac{1}{2}\alpha\mathrm{Q}'\sin.\delta mt}; \qquad (4)$$

ce qui fera connaître la valeur de l'angle ψ à un instant quelconque, et, par conséquent, le lieu de l'intersection ON de l'équateur et du plan fixe.

Si l'on néglige les termes de l'ordre de α^2 dans les valeurs de P, P', Q, Q', et que l'on représente par ψ_1 ce que devient alors l'angle ψ, on aura

$$\text{tang.}\,\psi_1=\frac{\sin.6\cos.\delta mt-\frac{1}{2}\alpha\cos.6\sin.\delta mt}{\cos.6\cos.\delta mt-\frac{1}{2}\alpha\sin.6\sin.\delta mt}. \qquad (5)$$

Je désignerai par ON_1 la droite à laquelle répond cet angle ψ_1 sur le plan fixe. Son mouvement sera indépendant de l'angle $2mt$ qui varie très-rapidement par rapport à l'angle δmt. En excluant le cas que l'on examinera dans le numéro suivant, où l'angle 6 ne diffère de $\pm 45°$ que d'une quantité de l'ordre de α, les deux droites ON_1 et ON s'écarteront très-

peu l'une de l'autre pendant toute la durée du mouvement, c'est-à-dire que leur distance angulaire $\psi_1 - \psi$ sera constamment très-petite.

En effet, d'après la formule ordinaire,

$$\text{tang.}(\psi_1 - \psi) = \frac{\text{tang.}\,\psi_1 - \text{tang.}\,\psi}{1 + \text{tang.}\,\psi_1\,\text{tang.}\,\psi},$$

et les valeurs de tang. ψ_1 et tang. ψ, on obtiendra pour l'expression de cette tangente de la distance angulaire $\psi_1 - \psi$, une fraction dont le dénominateur aura à très-peu près pour valeur :

$$\cos.^2 \delta m t - \alpha \sin. 2\mathsf{6} \cos. \delta m t \sin. \delta m t + \frac{1}{4}\alpha^2 \sin.^2 \delta m t,$$

et dont le numérateur sera de la forme :

$$\text{H}\,\alpha^2 \cos.^2 \delta m t + \text{H}'\,\alpha^3 \cos. \delta m t \sin. \delta m t + \text{H}''\,\alpha^4 \sin.^2 \delta m t;$$

H, H′, H″, étant des quantités indépendantes de l'angle $\delta m t$, qui ne deviendront jamais très-grandes. Cette tangente sera donc, en général, une très-petite quantité. Pour que cela n'eût pas lieu, il faudrait que $\cos. \delta m t$ fût de l'ordre de α; mais alors le numérateur précédent serait de l'ordre de α^4; il faudrait donc, en outre, que le dénominateur fût au moins du même ordre; or, si l'on désigne par h une quantité qui ne soit pas très-grande; que l'on fasse

$$\delta m t = 90^\circ - h\alpha,$$

et, par conséquent,

$$\cos. \delta m t = h\alpha, \quad \sin. \delta m t = 1,$$

le dénominateur précédent deviendra

$$\alpha^2 \left[\left(h - \frac{1}{2} \sin 2\theta\right)^2 + \frac{1}{4} \cos.^2 2\theta \right];$$

quantité qui ne peut être de l'ordre de α^4, à moins que $\cos. 2\theta$ ne soit de l'ordre de α, ou que θ ne diffère de $\pm 45°$ que d'une quantité de cet ordre; ce qui serait le cas que nous avons exclu.

Les oscillations de la droite ON de part et d'autre de la droite mobile ON_1 seront donc généralement très-petites; elles seront aussi très-rapides par rapport au mouvement de ON; on pourra regarder les positions de ON_1 comme les lieux moyens de ON; et pour savoir si le mouvement de ON sur le plan fixe est révolutif ou oscillatoire, il suffira de considérer celui de ON_1, dont la nature sera beaucoup plus facile à déterminer.

Pour cela, je remarque qu'en différentiant l'équation (5), on en déduit

$$\frac{d\psi_1}{dt} = -\frac{\alpha^2 m \cos. 2\theta}{2D};$$

D étant une quantité positive. Il s'ensuit donc que la vitesse angulaire $\frac{d\psi_1}{dt}$ de la droite ON_1 aura constamment le même signe, et, conséquemment, que son mouvement sera révolutif. L'angle 2θ, différant de $\pm 90°$ par hypothèse, cette vitesse sera négative ou positive, et l'angle ψ décroîtra ou croîtra continuellement, selon que l'on aura $\theta < 45°$ ou $\theta > 45°$, abstraction faite du signe. Dans le premier cas, le mouvement de ON_1 aura lieu dans le sens de celui du centre d'attraction

O′, et dans le second, en sens contraire. La valeur de D étant

$$D = \cos.^2 \delta m t - \alpha \sin. 2 \mathcal{E} \cos. \delta m t \sin. \delta m t + \frac{1}{4} \alpha^2 \sin.^2 \delta m t,$$

on en conclut que les *maxima* et les *minima* de la vitesse de ON_1 répondent, à très-peu près, aux *minima* et aux *maxima* de l'inclinaison θ, et que, abstraction faite du signe, ils auront pour valeurs $\frac{2m}{\cos. 2\mathcal{E}}$ et $\frac{1}{2}\alpha^2 m \cos. 2\mathcal{E}$.

Quant à la durée de la révolution de la droite ON_1, on la déterminera en observant que, d'après la formule (5), tang. ψ_1 reprend une première fois le même signe et la même grandeur, lorsque l'angle $\delta m t$ augmente de 180°; ce qui suppose que l'angle ψ augmente en même temps de 180°, et que la droite ON_1 vient tomber sur le prolongement de sa direction initiale : l'angle $\delta m t$ augmentant encore de 180°, l'angle ψ_1 éprouve de nouveau cette même augmentation, et la droite ON_1 revient à sa position primitive; par conséquent, la durée de chaque révolution entière de cette droite est égale à $\frac{360°}{\delta m}$. Celle de la droite ON peut être un peu plus grande ou un peu plus petite, à raison des termes dépendants de l'angle $2mt$, qui entrent dans la formule (4). Cette quantité $\frac{360°}{\delta m}$ est la durée moyenne de la révolution de l'intersection ON de l'équateur et du plan fixe; elle est à celle de la révolution du centre d'attraction O′ sur ce plan, comme l'unité est à la fraction δ. Cette durée, comme celle des oscillations de l'équateur, est indépendante de la quantité γ supposée très-petite, dont l'équateur a été primitivement écarté

du plan fixe; et c'est ce qui arrive, en effet, pour tous les mouvements périodiques des corps que l'on a un tant soit peu éloignés de leur position d'équilibre; laquelle position répond ici à $\gamma = 0$.

(34) Examinons actuellement le cas particulier où l'angle θ diffère très-peu de $\pm 45°$, et faisons

$$\theta = \pm 45° + g;$$

g étant une très-petite quantité, positive ou négative; ce qui permettra de développer $\sin.\theta$ et $\cos.\theta$ en séries très-convergentes, suivant les puissances de g. Il est facile de voir que pour cette valeur de θ, l'équation (4) prendra la forme :

$$\frac{\text{tang.}\,\psi}{\text{tang.}\,(\pm 45°)} = \frac{\text{M}\,(\cos.\,\delta m t \mp \frac{1}{2}\alpha \text{N} \sin.\,\delta m t)}{\text{M}'(\cos.\,\delta m t \mp \frac{1}{2}\alpha \text{N}' \sin.\,\delta m t)}; \qquad (6)$$

M, M', N, N', étant des quantités périodiques dépendantes de l'angle $2mt$, qui différeront toujours très-peu de l'unité, et dont nous nous dispenserons d'écrire les valeurs.

Tant que $\cos.\,\delta m t$ ne sera pas très-petit, il est évident que cette formule (6) différera très-peu de l'unité, et que l'angle ψ différera aussi très-peu de $\pm 45°$; par conséquent la droite ON s'écartera d'abord très-peu de la position correspondante à $\psi = \pm 45°$; et elle fera de très-petites oscillations, de part et d'autre d'une droite à peu près immobile.

Ce mouvement vibratoire durera jusqu'à ce que l'angle $\delta m t$ soit devenu très-peu différent de 90°; et il cessera aussi d'avoir lieu à toutes les époques ou $\delta m t$ différera très-peu d'un multiple impair de l'angle droit. Cela étant, désignons par i un nombre entier quelconque, et par u une variable

positive ou négative, à laquelle on n'attribuera point de valeurs considérables; et supposons qu'on ait

$$\delta m t = \frac{1}{2}(2i-1)\,180^\circ \mp \frac{1}{2}\alpha - \alpha u;$$

d'où il résultera

$$\cos.\delta m t = (-1)^i\left[\mp\frac{1}{2}\alpha - \alpha u - \frac{\alpha^3}{1.2.3}\left(\mp\frac{1}{2}-u\right)^3 + \text{etc.}\right],$$

$$\sin.\delta m t = -(-1)^i\left[1 - \frac{\alpha^2}{1.2}\left(\mp\frac{1}{2}-u\right)^2 + \text{etc.}\right].$$

En substituant ces valeurs dans la formule (6), et supprimant le facteur $(-1)^i\alpha$, qui se trouve commun au numérateur et au dénominateur, nous aurons

$$\frac{\text{tang.}\,\psi}{\text{tang.}(\pm 45^\circ)} = \frac{\text{M}[u-\alpha^2\varphi(i,u)]}{\text{M}'[u-\alpha^2\varphi'(i,u)]}, \qquad (7)$$

où l'on a désigné par φ et φ' des fonctions de i et u, dont il nous sera inutile d'écrire les expressions : il nous suffira de savoir que ces fonctions n'acquerront jamais de valeurs très-grandes, de sorte que les produits $\alpha^2\varphi(i,u)$ et $\alpha^2\varphi'(i,u)$ resteront toujours des quantités de l'ordre de α^2.

Il s'agira donc de discuter cette formule (7) et d'énoncer les conséquences singulières qui s'en déduisent. Pour fixer les idées nous prendrons les signes supérieurs dans la valeur de ϵ, et dans cette équation.

On fera d'abord $i=1$; et tant que la variable u ne sera pas devenue très-petite, l'angle ψ différera toujours très-peu de 45°. Mais l'angle $\delta m t$ croissant indéfiniment par degrés continus, la variable u décroîtra de même; en sorte qu'elle

passera successivement par zéro et par toutes les valeurs voisines de zéro; par conséquent, il arrivera un instant où l'on aura $u=\alpha^2\varphi(1,u)$, et un autre où l'on aura $u=\alpha^2\varphi'(1,u)$. Les valeurs de u, qui répondront à ces deux époques, seront, à très-peu près, $u=\alpha^2\varphi(1,0)$ et $u=\alpha^2\varphi'(1,0)$; pour ces valeurs particulières, on aura tang. $\psi=0$ et tang. $\psi=\pm\infty$; et quand la variable u, en continuant de décroître, aura cessé d'être très-petite, abstraction faite du signe, ou aura seulement cessé d'être de l'ordre de α^2, on aura de nouveau tang. ψ = tang. 45°, à très-peu près. Or, si l'on a $\varphi'(1,0)-\varphi(1,0)>0$, la valeur $u=\alpha^2\varphi'(1,0)$ arrivera la première. Pour cette valeur, on aura tang. $\psi=\infty$ et $\psi=90°$; au-delà, tang. ψ sera négative, et l'angle ψ obtus. Pour $u=\alpha^2\varphi(1,0)$, on aura tang. $\psi=0$ et $\psi=180°$; et, ensuite, tang. ψ = tang. 45° répondra à $\psi=180°+45°$. Si, au contraire, on suppose $\varphi(1,0)-\varphi'(1,0)>0$, ce sera la valeur $u=\alpha^2\varphi(1,0)$ qui arrivera la première; pour cette valeur, on aura tang. $\psi=0$ et $\psi=0$; et pour $u=\alpha^2\varphi'(1,0)$, on aura ensuite tang. $\psi=-\infty$ et $\psi=-90°$; enfin, tang. ψ = tang. 45° répondra à $\psi=-180°+45°$. Par conséquent, dans les deux cas, la droite ON parcourra en un temps très-court un angle de 180°; mais dans le second cas, l'angle ψ décroîtra pendant ce mouvement, qui aura lieu alors dans le sens de celui du point O'; tandis que dans le premier cas, l'angle ψ croîtra, et le mouvement de la droite ON aura lieu dans le sens contraire.

Parvenue à sa nouvelle position, cette droite fera, une seconde fois, de petites oscillations qui dureront jusqu'à ce que l'angle δmt ait augmenté d'une quantité très-peu différente de 180°; alors en faisant $i=2$ dans la formule (7), on en déduira des conséquences semblables à celles que l'on vient d'énoncer; et ainsi de suite.

51.

Dans le cas particulier que nous considérons, le mouvement de l'intersection ON de l'équateur et du plan fixe consistera donc en de petites vibrations, qui auront lieu successivement de part et d'autre d'une droite à peu près immobile, et de son prolongement. Chaque série d'oscillations durera pendant un temps égal à $\frac{180^\circ}{\delta m}$, excepté la première, dont la durée est moitié moindre. Deux séries consécutives seront séparées l'une de l'autre par un très-court intervalle de temps. Dans les renversements successifs de ON, les déplacements de cette droite seront rétrogrades ou directs par rapport au mouvement du point O', selon que les différences $\varphi'(1,0) - \varphi(1,0)$, $\varphi'(2,0) - \varphi(2,0)$, $\varphi'(3,0) - \varphi(3,0)$, etc., auront des valeurs positives ou négatives; et comme la différence $\varphi'(i,0) - \varphi(i,0)$ peut changer de signe par le changement du nombre entier i, il pourra arriver que les déplacements de l'intersection ON ne se fassent pas toujours dans le même sens, pendant toute la durée du mouvement.

En prenant le signe supérieur dans la valeur de 6, nous avons supposé qu'à l'origine du mouvement le rayon vecteur OO' de O' se trouvait, dans le sens du mouvement de ce point, en avant de ON qui était la partie de l'intersection de l'équateur et du plan fixe, la plus voisine de OO'. Si le contraire avait lieu, on déduirait encore de la formule (7) des conséquences semblables, avec cette différence, que les déplacements successifs de ON se feront d'un mouvement direct ou rétrograde, selon que les différences précédentes seront positives ou négatives.

En prenant arbitrairement des forces en fonctions du temps, on peut produire des mouvements qui suivront telles

lois que l'on voudra; mais, comme on l'a dit dans le préambule de ce Mémoire, le mouvement de la droite ON, que l'on vient de décrire, est un des plus singuliers qui puissent résulter d'attractions ou de répulsions en fonctions des distances; et il serait intéressant de chercher si des mouvements de cette espèce n'ont pas effectivement lieu dans quelques phénomènes naturels.

(35) La considération de la vitesse angulaire de la droite ON_1 a suffi, dans le n° 33, pour prouver que le mouvement de cette droite, et par suite celui de ON, sont toujours révolutifs, excepté lorsque l'angle θ est égal à $\pm 45°$, ou qu'il en diffère d'une quantité de l'ordre de α^2. Mais on peut aussi mettre ce résultat en évidence, en exprimant en série convergente la valeur de l'angle ψ, et faisant voir qu'elle se compose d'une partie proportionnelle au temps et d'une partie périodique, comprise entre des limites déterminées; ce qui établira la plus parfaite analogie entre le cas dont nous nous occupons maintenant et les exemples du § précédent, où la vitesse n parallèle à l'équateur n'était pas supposée nulle. On parviendra à cette expression de ψ, au moyen d'une formule connue, que nous démontrerons de la manière suivante, et que nous appliquerons ensuite à la résolution en série de l'équation (4).

Soient x un angle variable, dont la valeur sera toujours réelle; f une constante positive ou négative, mais plus petite que l'unité, abstraction faite du signe; et e la base des logarithmes népériens. On aura, en séries convergentes,

$$\left(1+fe^{x\sqrt{-1}}\right)^{-1}=1-fe^{x\sqrt{-1}}+f^2e^{2x\sqrt{-1}}-f^3e^{3x\sqrt{-1}}+\text{etc.},$$

$$\left(1+fe^{-x\sqrt{-1}}\right)^{-1}=1-fe^{-x\sqrt{-1}}+f^2e^{-2x\sqrt{-1}}-f^3e^{-3x\sqrt{-1}}+\text{etc.};$$

d'où l'on déduit, sans difficulté,

$$\frac{1-f^2}{1+2f\cos.x+f^2}=1-2f\cos.x+2f^2\cos.2x-2f^3\cos.3x+\text{etc.}$$

Je désigne par λ une constante réelle, comme la variable x; je mets, dans cette équation, $2x-\lambda$ à la place de x; et après l'avoir multipliée par dx, je prends les intégrales de ses deux membres, de manière qu'elles s'évanouissent pour $x=\frac{1}{2}\lambda$. Il en résulte

$$\left.\begin{aligned}arc\left[\text{tang.}=\frac{1-f}{1+f}\text{tang.}(x-\tfrac{1}{2}\lambda)\right]&=x-\tfrac{1}{2}\lambda-f\sin.(2x-\lambda)\\+\tfrac{1}{2}f^2\sin.(4x-2\lambda)&-\tfrac{1}{3}f^3\sin.(6x-3\lambda)+\text{etc.}\end{aligned}\right\}\quad(8)$$

Soit μ une autre constante quelconque. Faisons

$$y=arc\left[\text{tang.}=\frac{1-f}{1+f}\text{tang.}(x-\tfrac{1}{2}\lambda)\right]+\tfrac{1}{2}\lambda+\mu.$$

Nous aurons

$$\text{tang.}y=\frac{(1-f)\text{tang.}(x-\frac{1}{2}\lambda)+(1+f)\text{tang.}(\mu+\frac{1}{2}\lambda)}{1+f-(1-f)\text{tang.}(x-\frac{1}{2}\lambda)\text{tang.}(\mu+\frac{1}{2}\lambda)}.$$

On aura de même

$$\text{tang.}(x-\tfrac{1}{2}\lambda)=\frac{\text{tang.}x-\text{tang.}\frac{1}{2}\lambda}{1+\text{tang.}x\,\text{tang.}\frac{1}{2}\lambda};$$

et si l'on substitue cette valeur dans la fraction précédente, et que l'on suppose les trois constantes f, λ, μ, liées entre elles par l'équation

$$(1+f)\,\text{tang.}\,\tfrac{1}{2}\lambda = (1-f)\,\text{tang.}\,(\mu + \tfrac{1}{2}\lambda),$$

tang. x disparaîtra au dénominateur. On aura

$$f = \frac{\sin.\,\mu}{\sin.\,(\lambda+\mu)}; \qquad (9)$$

et si l'on met aussi cette valeur de f dans celle de tang. y, on trouve, toutes réductions faites,

$$\text{tang.}\,y = \frac{2\sin.\,\mu \sin.\,(\mu+\lambda)}{\sin.\,(2\mu+\lambda)} + \frac{\sin.\,\lambda\,\text{tang.}\,x}{\sin.\,(2\mu+\lambda)}. \qquad (10)$$

En vertu de l'équation (8), la valeur de y en série, qui satisfera à cette équation (10), sera

$$y = x + \mu - f\sin.\,(2x-\lambda) + \tfrac{1}{2}f^2\sin.\,(4x-2\lambda)$$
$$- \tfrac{1}{3}f^3\sin.\,(6x-3\lambda) + \text{etc.}$$

Cela posé, a et b étant des constantes données, supposons que l'équation qu'il s'agit de résoudre soit

$$\text{tang.}\,y = a + b\,\text{tang.}\,x.$$

On fera coïncider l'équation (10) avec celle-ci, en déterminant λ et μ au moyen des équations

$$\frac{2\sin.\,\mu\sin.\,(\lambda+\mu)}{\sin.\,(2\mu+\lambda)} = a, \qquad \frac{\sin.\,\lambda}{\sin.\,(2\mu+\lambda)} = b;$$

d'où l'on tire d'abord

$$a[\text{tang.}(\lambda+\mu)+\text{tang.}\,\mu]=2\,\text{tang.}\,\mu\;\text{tang.}(\lambda+\mu),$$
$$b[\text{tang.}(\lambda+\mu)+\text{tang.}\,\mu]=\text{tang.}(\lambda+\mu)-\text{tang.}\,\mu,$$

et ensuite

$$\text{tang.}\,\mu=\frac{a}{1+b},\qquad \text{tang.}(\lambda+\mu)=\frac{a}{1-b}. \qquad (11)$$

En même temps la valeur de f^2 deviendra

$$f^2=\frac{a^2+(1-b)^2}{a^2+(1+b)^2};$$

et comme on doit avoir $f<1$, abstraction faite du signe, pour la convergence des séries que l'on a employées, il faudra que le coefficient b de tang. x dans l'équation donnée soit positif. S'il ne l'était pas, on mettrait $-x'$ à la place de x dans cette équation qui se changerait en celle-ci :

$$\text{tang.}\,y=a-b\,\text{tang.}\,x',$$

dans laquelle le coefficient de tang. x' serait positif. La valeur de y serait alors exprimée par cette série

$$y=x'+\mu'-f'\sin.(2x'-\lambda')+\tfrac{1}{2}f'^2\sin.(4x'-2\lambda')$$
$$-\tfrac{1}{3}f'^3\sin.(6x'-3\lambda')+\text{etc.};$$

les constantes f', μ', λ', étant déterminées par les équations précédentes, dans lesquelles on mettra $-b$ au lieu de b. De là, on conclut qu'en considérant b comme une quantité toujours positive, la double équation

$$\text{tang.}\,y=a\pm b\,\text{tang.}\,x, \qquad (12)$$

sera résolue en série par la double formule

$$y = \mu \pm x + f \sin.(\lambda \mp 2x) - \frac{1}{2} f^2 \sin.(2\lambda \mp 4x) \qquad (13)$$
$$+ \frac{1}{3} f^3 \sin.(3\lambda \mp 6x) - \text{etc.};$$

les signes supérieurs répondant au signe + du second terme de l'équation donnée, et les signes inférieurs à son signe —; et les valeurs de f, λ, μ, étant déduites de la quantité a, positive ou négative, et de la quantité positive b, au moyen des formules (9) et (11).

Ce résultat coïncide avec ceux de la même nature que l'on trouve dans les *Exercices de calcul intégral* (*), et auxquels Legendre est parvenu par une autre analyse.

(36) En observant que l'on a

$$\tang.\lambda = \frac{\tang.(\mu+\lambda) - \tang.\mu}{1 + \tang.(\lambda+\mu)\tang.\mu} = \frac{2ab}{1 - b^2 + a^2},$$

on pourra remplacer les équations (9) et (11) par celles-ci :

$$\tang.\lambda = \frac{2ab}{1 - b^2 + a^2}, \quad \tang.\mu = \frac{a}{1+b}, \quad f = \frac{\sin.\mu}{\sin.(\lambda+\mu)}, \qquad (14)$$

dont les deux dernières n'ont pas changé.

Les deux premières ne déterminant que les tangentes de λ et μ, ces angles peuvent être augmentés à volonté d'un multiple quelconque, positif ou négatif, de 180°. Une telle augmentation de μ ne changera rien à la valeur de f,

(*) Tome II, p. 241.

donnée par la dernière équation; celle de λ changera le signe de f, sans changer sa grandeur absolue; mais par cette augmentation de λ et cette variation simultanée du signe de f, il est évident que la formule (13) n'éprouvera aucun changement; ainsi, pour fixer les idées, nous pourrons prendre pour λ le plus petit angle en grandeur absolue, déterminé par la première équation (14), de sorte que λ soit toujours compris entre $\pm 90°$. Mais si l'on désigne par η la valeur de μ comprise entre les mêmes limites, et donnée par la seconde équation (14), il faudra prendre

$$\mu = i.180° + \eta;$$

i étant un nombre entier, positif ou négatif, qui restera indéterminé dans la formule (13); ce qui tient à ce que la formule (12) déterminant seulement la tangente de l'angle y pour chaque valeur donnée de x, il s'ensuit que l'expression de y en fonction de x doit, en effet, se composer d'un multiple indéterminé de 180°, ajouté à une autre partie entièrement déterminée. Pour achever de déterminer cette inconnue y, il faudra donc savoir si sa valeur correspondante à une valeur particulière de x, que l'on choisira à volonté, est comprise, abstraction faite du signe, entre zéro et 180°, ou entre 180° et 2.180°, ou entre 2.180° et 3.180°, etc. : on en conclura aisément le nombre que l'on devra prendre pour i dans la valeur de μ; et la série (13) ne renfermera plus rien d'inconnu.

Cette série représentant alors la valeur de y pour des valeurs quelconques des coefficients a et b de l'équation (12), on pourra supposer qu'ils varient avec x, et qu'ils en sont des fonctions données. Mais, dans tous les cas, la série (13), à

partir de son troisième terme inclusivement, exprimera une fonction périodique de x, dont les valeurs approchées seront d'autant plus faciles à calculer que la fraction f sera plus petite. On peut aussi en déterminer les valeurs exactes au moyen de l'équation (8), dans laquelle on mettra $\frac{1}{2}\lambda \mp x$ à la place de $x - \frac{1}{2}\lambda$, qui est un angle quelconque.

En effet, quel que soit l'angle $\frac{1}{2}\lambda \mp x$, on pourra toujours supposer qu'on ait

$$\frac{1}{2}\lambda \mp x = m.180^\circ + u,$$

$$arc\left[\text{tang.} = \frac{1-f}{1+f}\text{tang.}\left(\frac{1}{2}\lambda \mp x\right)\right] = m'.180^\circ + u';$$

u et u' étant des angles compris entre $\pm 90^\circ$, et m et m' des nombres entiers, positifs ou négatifs. D'après ces valeurs, l'équation (8) deviendra

$$f\sin.(\lambda \mp 2x) - \frac{1}{2}f^2\sin.(2\lambda \mp 4x) + \frac{1}{3}f^3\sin.(3\lambda \mp 6x) - \text{etc.}$$
$$= m.180^\circ + u - m'.180^\circ - u'.$$

Elle devra subsister pour toutes les valeurs de $\frac{1}{2}\lambda \mp x$; mais dans le cas de $\frac{1}{2}\lambda \mp x = m.180^\circ$, son premier membre sera zéro, ainsi que chacune des quantités u et u'; il faudra donc qu'on ait $m' = m$; d'où il résultera

$$u - u' = f\sin.(\lambda \mp 2x) - \frac{1}{2}f^2\sin.(2\lambda \mp 4x) \qquad (15)$$
$$+ \frac{1}{3}f^3\sin.(3\lambda \mp 6x) - \text{etc.},$$

pour une valeur quelconque de $\frac{1}{2}\lambda \mp x$. Or, quand cet angle sera donné en degrés, on en conclura immédiatement la valeur numérique de u; en cherchant dans les tables trigonométriques l'angle dont la tangente est à celle de ce même angle dans le rapport de $1-f$ à $1+f$, on en conclura aussi la valeur de u' : la différence $u-u'$ sera la valeur de la série précédente; et l'on voit qu'elle sera toujours comprise entre $\pm\pi$, en désignant à l'ordinaire par π l'arc de cercle qui répond à 180°, et dont le rayon est l'unité.

Maintenant, soit g une valeur particulière de x, et h la valeur correspondante que devra avoir y; désignons aussi par ω, k, k', les valeurs de η, u, u', qui répondront à $x=g$, en sorte que l'on ait en même temps

$$x=g, \quad y=h, \quad \eta=\omega, \quad u=k, \quad u'=k'.$$

Au moyen de la formule (15), on déduira de l'équation (13)

$$i.180^\circ = h \mp g - \omega - k + k'. \qquad (16)$$

Les quantités ω, k, k', seront comprises entre $\pm 90^\circ$; les valeurs données de g et h pourront renfermer des multiples quelconques de 180°; et le second membre de cette dernière équation devra toujours se réduire à un semblable multiple; ce qui fera connaître le nombre entier i. La valeur de μ sera donc complétement déterminée : pour une valeur quelconque de x, elle sera toujours comprise entre des limites $i.180^\circ \pm 90^\circ$; par conséquent, il n'y aura que le terme $\pm x$ de la formule (13) qui puisse croître ou décroître indéfiniment avec la variable x. Toutefois, il n'en faut pas conclure que

l'inconnue y, qui renferme ce terme, croîtra ou décroîtra effectivement sans limites : à cet égard, il pourra se présenter trois cas différents.

Si le coefficient de tang. x dans l'équation (12) est constant, ou bien s'il varie avec x, mais qu'il ait constamment le même signe, et qu'il soit toujours positif, on prendra avec le signe supérieur, le terme ambigu $\pm x$ de la formule (13); l'inconnue y augmentera ou diminuera donc dans ce premier cas, indéfiniment et dans le même sens que x. Au contraire, si le coefficient de tang. x est constamment négatif, on prendra ce terme $\pm x$ avec le signe inférieur, et la valeur de y augmentera ou diminuera encore indéfiniment, mais en sens contraire de x. Enfin, lorsque ce coefficient changera de signe dans l'étendue des valeurs de x, on devra aussi prendre le terme ambigu $\pm x$ de la formule (13), tantôt avec le signe supérieur et tantôt avec le signe inférieur; d'où il résulte que dans ce troisième cas l'inconnue y ne sera plus indéfiniment croissante ou décroissante avec x : ses valeurs seront limitées, et pourront être périodiques.

(37) Pour appliquer la formule (13) à la résolution de l'équation (4), soit

$$\delta m t = x - z;$$

z étant une quantité indéterminée dont on disposera tout à l'heure. D'après ce que représentent P, P', Q, Q', et en mettant $\theta \sin.\psi$ et $\theta \cos.\psi$ au lieu de s et s', les équations (3) deviendront

$$\theta \sin.\psi = (P\cos.z + \tfrac{1}{2}\alpha Q\sin.z)\cos.x$$
$$+ (P\sin.z - \tfrac{1}{2}\alpha Q\cos.z)\sin.x,$$
$$\theta \cos.\psi = (P'\cos.z + \tfrac{1}{2}\alpha Q'\sin.z)\cos.x$$
$$+ (P'\sin.z - \tfrac{1}{2}\alpha Q'\cos.z)\sin.x.$$

Si nous faisons

$$P'\sin.z - \tfrac{1}{2}\alpha Q'\cos.z = 0, \qquad P'^2 + \tfrac{1}{4}\alpha^2 Q'^2 = \Delta^2,$$

nous aurons

$$\sin.z = \frac{\tfrac{1}{2}\alpha Q'}{\Delta}, \qquad \cos.z = \frac{P'}{\Delta},$$

et, par conséquent,

$$z = arc\left(\text{tang.} = \frac{\alpha Q'}{2P'}\right).$$

Cet arc pourra renfermer un multiple de 180°, que l'on prendra à volonté, et que nous supposerons zéro, de sorte que la valeur de z soit toujours comprise entre $\pm 90°$. La variable x sera complétement déterminée en fonction de t; on prendra aussi l'angle ψ pour l'inconnue y, de manière que l'on ait, à un instant quelconque,

$$x = \delta m t + z, \qquad y = \psi.$$

En substituant les valeurs de $\sin.z$ et $\cos.z$, dans celles de $\theta\sin.\psi$ et $\theta\cos.\psi$, et divisant ensuite celles-ci l'une par l'autre, on aura

$$\text{tang.}y = \frac{1}{\Delta^2}(PP' + \frac{1}{4}\alpha^2 QQ') + \frac{\alpha}{2\Delta^2}(PQ' - P'Q)\,\text{tang.}x; \qquad (17)$$

équation qui pourra remplacer la formule (4), que l'on avait déduite des équations (3), par l'élimination de θ. Or, on a

$$PQ' - P'Q = -(1 + \frac{3}{8}\alpha^2 + \frac{1}{2}\alpha^2 \cos. 2mt) \cos. 2\epsilon$$
$$- \frac{1}{2}\alpha^2 + \frac{1}{2}\alpha^2 \sin. 2mt \sin. 2\epsilon;$$

si donc l'angle 2ϵ diffère de $\pm 90°$, et que la différence soit plus grande qu'une quantité de l'ordre de α^2, le coefficient de tang. x dans l'équation (17) aura constamment le même signe; et, au contraire, si cette différence est de l'ordre de α^2, ce coefficient pourra changer de signe pour des valeurs différentes de t. Donc, en excluant ce dernier cas, que nous avons examiné en particulier dans le n° 34, la valeur de y ou de ψ croîtra ou décroîtra indéfiniment avec la variable x, c'est-à-dire avec le temps t: elle croîtra quand l'angle ϵ surpassera $\pm 45°$, ce qui rendra positif le coefficient de tang. x, et décroîtra dans le cas contraire; dans ces deux cas, le mouvement de l'intersection ON de l'équateur et du plan fixe où se meut le centre d'attraction O', sera révolutif; mais l'angle ψ étant compté sur le plan fixe, en sens contraire du mouvement de O', le mouvement de ON sera rétrograde ou direct par rapport à celui de O', selon qu'on aura $\epsilon >$ ou $< 45°$, abstraction faite du signe. Ces résultats serviraient au besoin de confirmation à ceux auxquels nous sommes parvenus d'une autre manière dans le n° 33.

En supposant donc que cos. 2ϵ ne soit pas zéro ou une quantité de l'ordre de α^2, si l'on veut résoudre l'équation (17)

on la fera d'abord coïncider avec l'équation (12), en prenant

$$a = \frac{1}{\Delta^2}(PP' + \frac{1}{4}\alpha^2 QQ'), \qquad b = \pm \frac{\alpha}{2\Delta^2}(PQ' - P'Q);$$

le signe supérieur ou le signe inférieur ayant lieu selon que $\cos. 2\epsilon$ sera négatif ou positif, de manière que la quantité b soit toujours positive. On substituera les valeurs de P, Q, P', Q', dans ces expressions de a et b; puis celles-ci dans les équations (14); ce qui fera connaître les valeurs de λ et f, et la partie η de celle de μ, en fonctions de t. On connaîtra de même les valeurs de z et des quantités désignées plus haut par u et u'. La variable x sera aussi connue en fonctions de t. Pour $t=0$, on aura $x=z$; en prenant donc pour la quantité g du numéro précédent, la valeur particulière de z, qui répond à $t=0$, la valeur correspondante de y, que l'on a représentée par h, devra être l'angle ϵ, valeur initiale de ψ. En faisant $t=0$, dans les expressions de η, u, u', on aura les valeurs des quantités qui sont désignées par ω, k, k', dans l'équation (16), dont le second membre ne renfermera plus rien d'inconnu. Le nombre entier i et la partie de μ qui en dépend seront donc aussi déterminés; et comme chacune des cinq quantités ϵ, g, ω, k, k', que contient ce second membre, est comprise entre $\pm 90°$, il s'ensuit que i ne pourra avoir que l'une des cinq valeurs -2, -1, 0, $+1$, $+2$.

Toutes les quantités qui entrent dans la formule (13) étant ainsi complétement déterminées en fonctions de t, cette formule fera connaître, sans aucune ambiguïté, la valeur de ψ à un instant quelconque; laquelle valeur sera de la forme

$$\psi = \pm \delta m t + \Pi,$$

en désignant par Π une quantité qui renfermera une série convergente, et que l'on pourra aussi exprimer exactement au moyen de la formule (15), en prenant, pour sa valeur,

$$\Pi = i.180^\circ + \eta \pm z + u - u'.$$

D'après les cinq termes dont elle se compose, cette quantité Π ne pourra jamais sortir des limites $\pm 4.180^\circ$; par conséquent, à raison de la partie progressive $\pm \delta m t$, l'angle ψ croîtra ou décroîtra toujours indéfiniment, ainsi qu'on vient de le dire. Abstraction faite de la partie limitée Π, on pourra prendre, comme dans le n° 33, $\frac{360^\circ}{\delta m}$ pour la durée moyenne des révolutions de la droite ON; mais pendant chaque révolution, le mouvement de cette droite sera très-inégal, et sa vitesse angulaire éprouvera de grandes variations, dues au second terme de la valeur de ψ.

(38) La forme de cette valeur suffit, comme on voit, pour déterminer la nature du mouvement de la droite ON; toutefois, si l'on voulait connaître la valeur même de l'angle ψ et la position de cette droite à un instant donné, les substitutions des valeurs de P, P', Q, Q', qu'on vient d'indiquer, donneraient lieu à des calculs un peu longs, si l'on conservait les puissances de f, jusqu'à la 4ᵉ exclusivement, à laquelle s'arrête l'approximation dans les équations (3). Je supposerai donc, pour plus de simplicité, que l'on néglige même le carré de α; ce qui fera disparaître les termes dépendants de l'angle $2mt$, et réduira la valeur de ψ à celle qui répond au lieu moyen de la droite ON, que l'on a déja considéré dans le n° 33.

De cette manière, nous aurons généralement :

$$z = \frac{1}{2} \alpha \operatorname{tang.} \beta,$$
$$\lambda = \mp \alpha \operatorname{tang.} \beta \cos. 2\beta,$$
$$\mu = i.180^\circ + \beta \pm \frac{1}{2} \alpha \operatorname{tang.} \beta \cos. 2\beta,$$
$$f = 1 \pm \alpha \cos. 2\beta;$$

les signes inférieurs ou supérieurs ayant lieu, selon que l'angle 2β, positif ou négatif, surpasse un angle droit, ou est moindre que 90°, en grandeur absolue. Toutefois, je dis *généralement,* parce que ces valeurs ne seraient plus suffisamment approchées, si β différait très-peu de $\pm 90^\circ$, à moins que la fraction α ne différât encore moins de zéro. La valeur de x sera

$$x = \delta m t + \frac{1}{2} \alpha \operatorname{tang.} \beta.$$

Pour $t = 0$, on aura

$$x = g = \frac{1}{2} \alpha \operatorname{tang.} \beta, \qquad y = \psi = \beta,$$
$$u = k = \mp \frac{1}{2} \alpha \sin. 2\beta, \qquad u' = k' = 0;$$

et quel que soit t, on aura aussi

$$\eta = \omega = \beta \pm \frac{1}{2} \alpha \operatorname{tang.} \beta \cos. 2\beta.$$

L'équation (16) se réduira donc à

$$i.180^\circ = 0,$$

et, conséquemment, la valeur de i sera zéro.

Au moyen de ces différentes valeurs, et en mettant ψ au lieu de y, l'équation (13) deviendra

$$\psi = 6 \pm \left(\frac{1}{2}\nu - f\sin.\nu + \frac{1}{2}f^2\sin.2\nu - \frac{1}{3}f^3\sin.3\nu + \text{etc.}\right), \quad (18)$$

où l'on a conservé f à la place de sa valeur, et fait, pour abréger,

$$\nu = 2\delta m t + \alpha\sin.2 6.$$

Cette formule montre que l'angle ψ augmentera ou diminuera de 180°, lorsque t augmentera de $\frac{180^\circ}{\delta m}$; d'où il résulte que pendant la durée de chaque demi-révolution, la droite ON décrira, à partir d'une position quelconque, un même angle de 180°; mais les angles décrits pendant d'autres parties égales de sa révolution seront inégaux. Par exemple, si t augmente de $\frac{90^\circ}{\delta m}$, c'est-à-dire, pendant la durée d'un quart de la révolution entière, l'angle ψ augmentera de

$$\pm 90^\circ \pm 2\left(f\sin.\nu + \frac{1}{3}f^3\sin.3\nu + \frac{1}{5}f^5\sin.5\nu + \text{etc.}\right);$$

quantité qui variera avec la grandeur de ν : pour $\nu = 0$, elle sera égale à $\pm 90^\circ$; pour $\nu = 90^\circ$, sa valeur sera $\pm 90^\circ \pm 2 . arc(\text{tang.} = f)$, ou, à très-peu près, $\pm 180^\circ + \alpha\cos.2 6$; et ces deux valeurs diffèrent l'une de l'autre d'un peu moins de $\pm 90^\circ$. D'après la seconde valeur, on voit que pendant le quart de révolution qui s'écoule depuis $\nu = 90^\circ$ jusqu'à $\nu = 3.90^\circ$, l'angle décrit par la droite ON est seulement un peu moindre que 180°, en sorte que l'angle décrit pendant le quart de révolution suivant devra être très-petit. Au contraire,

les angles décrits pendant les deux quarts de révolution qui s'écoulent depuis $\nu = 0$ jusqu'à $\nu = 2.90°$, et depuis $\nu = 2.90°$ jusqu'à $\nu = 4.90°$, sont l'un et l'autre égaux à $90°$.

En différentiant la valeur de ψ, on a

$$\frac{d\psi}{dt} = \pm \delta m (1 - 2f \cos.\nu + 2f^2 \cos.2\nu - 3f^3 \cos.3\nu + \text{etc.}),$$

ou, ce qui est la même chose (nº 35),

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{\pm \delta m (1 - f^2)}{1 + 2f \cos.\nu + f^2};$$

quantité constamment de même signe, et positive ou négative, selon qu'on y prend le signe supérieur ou le signe inférieur, c'est-à-dire selon que l'on a $\varepsilon >$ ou $< 45°$, en grandeur absolue. Son *maximum* et son *minimum* répondront évidemment à $\nu = 180°$ et $\nu = 0$, et auront pour valeurs $\frac{\pm \delta m (1 + f)}{1 - f}$ et $\frac{\pm \delta m (1 - f)}{1 + f}$, ou, à très-peu près, $-\frac{2m}{\cos.2\varepsilon}$ et $-\frac{1}{2} m \alpha^2 \cos.2\varepsilon$, comme dans le nº 33.

Quoique le terme progressif de la formule (18) soit indépendant de ε en grandeur absolue, cependant le double signe dont il est affecté répond aux deux sens opposés du mouvement de la droite ON; ce qui tient à la nécessité de la convergence, qui exige que l'on emploie deux séries différentes pour exprimer la valeur de ψ en fonction de t, selon que l'on a $\varepsilon >$ ou $< \pm 45°$.

(39) Le calcul qui nous a conduits à la formule (18), ne comprenant point le cas où l'on a $\varepsilon = \pm 90°$, il est bon de considérer ce cas en particulier, afin qu'il ne reste aucun doute sur la généralité de notre analyse.

Dans ce cas, on aura, à très-peu près,

$$P = \pm 1, \quad P' = \pm \frac{1}{4}\alpha^2 \sin. 2mt,$$

$$Q' = \pm 1, \quad Q = \mp \frac{1}{4}\alpha^2 \sin. 2mt.$$

Il en résultera d'abord

$$\cot. z = \frac{2P'}{\alpha Q'} = \frac{1}{2}\alpha \sin. 2mt,$$

et, par conséquent,

$$z = 90^\circ - \frac{1}{2}\alpha \sin. 2mt,$$

$$x = \delta mt + 90^\circ - \frac{1}{2}\alpha \sin. 2mt.$$

On aura aussi, à très-peu près,

$$a = \sin. 2mt, \quad b = \frac{2}{\alpha};$$

d'où l'on conclura

$$\lambda = -\alpha \sin. 2mt, \quad \mu = i.180^\circ + \frac{1}{2}\alpha \sin. 2mt, \quad f = -1 + \alpha.$$

Pour $t = 0$, on aura

$$g = 90^\circ, \quad h = \pm 90^\circ, \quad \omega = 0, \quad k = \mp 90^\circ, \quad k' = \mp 90^\circ;$$

et l'équation (16) donnera $i = 0$.

Cela posé, l'équation (13) deviendra

$$\psi = \pm 90^\circ \pm \left[\frac{1}{2}v' - (1-\alpha)\sin. v' + \frac{1}{2}(1-\alpha)^2 \sin. 2v' - \frac{1}{3}(1-\alpha)^3 \sin. 3v' + \text{etc.}\right], \qquad (19)$$

en faisant, pour abréger,

$$\nu' = 2\delta m t - \alpha(1 \mp 1)\sin. 2 m t,$$

c'est-à-dire, en prenant pour ν' l'angle $2mt$, ou cet angle diminué de $2\alpha \sin. 2mt$, selon qu'à l'origine du mouvement on avait O'ON $= -90°$ ou O'ON $= +90°$, ou, autrement dit, selon qu'à cette époque le rayon vecteur de O', supposé perpendiculaire à ON, se trouvait en arrière ou en avant de ON, dans le sens du mouvement de ce point O'.

Il est remarquable que, dans le premier cas, la valeur de ψ à un instant quelconque soit indépendante de l'angle $2mt$, de sorte qu'au degré d'approximation où nous nous sommes arrêtés, le lieu vrai de la droite ON, auquel répond la formule (19), coïncide pendant toute la durée du mouvement avec le lieu moyen. Dans ce même cas, en différentiant cette formule, on a

$$\frac{d\psi}{dt} = \delta m\,[1 - 2(1-\alpha)\cos. 2\delta m + 2(1-\alpha)^2\cos. 4\delta m t - 2(1-\alpha)^3\cos. 6\delta m t + \text{etc.}],$$

ou, ce qui est la même chose,

$$\frac{d\psi}{dt} = \frac{\delta m\,[1-(1-\alpha)^2]}{1 + 2(1-\alpha)\cos. 2\delta m t + (1-\alpha)^2}.$$

La vitesse angulaire de la droite ON, commune à sa position vraie et à sa position moyenne, est donc constamment positive. Son *maximum* et son *minimum*, qui répondent à $\cos. 2\delta m t = -1$ et $\cos. 2\delta m t = 1$, ont pour valeurs approchées $2m$ et $\frac{1}{2} m\alpha^2$, qui s'accordent avec celles du n° 33, quand on y fait $6 = -90°$.

(40) Il nous reste encore à déterminer la vitesse angulaire ω, et l'axe de rotation OI, sur le plan mobile de l'équateur (n° 31). A cause de $n=0$, les équations (5) du n° 20 se réduiront à

$$p = -\frac{ds'}{dt}, \quad q = \frac{ds}{dt}.$$

En y mettant $\omega \cos.\zeta$ et $\omega \sin.\zeta$ au lieu de p et q, substituant pour s et s' les formules (3), ayant égard à la valeur de δ (n° 32), et négligeant toujours les puissances de α supérieures à la troisième, il vient

$$\left.\begin{aligned} \omega \cos.\zeta &= \gamma\alpha m\left(\mathrm{U} \sin.\delta m t + \frac{1}{2}\alpha \mathrm{V} \cos.\delta m t\right), \\ \omega \sin.\zeta &= -\gamma\alpha m\left(\mathrm{U}' \sin.\delta m t + \frac{1}{2}\alpha \mathrm{V}' \cos.\delta m t\right), \end{aligned}\right\} \quad (20)$$

où l'on a fait, pour abréger,

$$\begin{aligned} &\left(1 + \frac{3}{8}\alpha^2 + \frac{1}{2}\alpha^2 \cos.2mt\right) \cos.6 = \mathrm{U}, \\ &(1 - \cos.2mt) \sin.6 - \sin.2mt \cos.6 = \mathrm{V}, \\ &\left(1 - \frac{1}{8}\alpha^2\right) \sin.6 - \frac{1}{2}\alpha^2 \sin.2mt \cos.6 = \mathrm{U}', \\ &(1 - \cos.2mt) \cos.6 + \sin.2mt \sin.6 = \mathrm{V}'. \end{aligned}$$

La valeur de ω, que l'on tirera de là, aura pour facteur $\gamma\alpha m$; ce qui la rendra constamment très-petite par rapport à la vitesse m du centre d'attraction O'. On la considérera comme une quantité positive. Elle sera zéro à l'origine et à d'autres époques du mouvement.

La variable ζ sera l'angle IOA, compris entre l'axe instantané OI et un rayon déterminé OA de l'équateur; ce rayon est celui dont la projection sur le plan fixe où se meut le point O', coïncidait primitivement avec le rayon vecteur de ce

même point; la valeur de cet angle à un instant donné sera déterminée par l'équation

$$\text{tang.}\,\zeta = -\frac{U'\sin.\delta m t + \frac{1}{2}\alpha V'\cos.\delta m t}{U\sin.\delta m t + \frac{1}{2}\alpha V\cos.\delta m t}.$$

Le mouvement de la droite OI, qui résultera de l'expression de ζ en fonction de t, sera généralement très-compliqué, et nous nous dispenserons de le décrire.

(41) Quand la valeur de ω et la position de la droite OI sur l'équateur auront été déterminées à un instant donné, il faudra, en outre, connaître le sens de la rotation du mobile autour de cette droite. Dans le cas général où la vitesse de rotation n autour de l'axe de figure OC n'est pas zéro, le signe de cette quantité donnée nous apprend dans quel sens cette vitesse est dirigée; d'où il est facile de conclure le sens de la rotation autour de l'axe instantané; mais dans le cas de $n=0$, il faut, pour le déterminer, recourir à un autre moyen.

Or, p, q, r, étant à un instant quelconque, les trois composantes de la vitesse de rotation autour de trois axes rectangulaires OA, OB, OC, fixes dans l'intérieur d'un corps qui tourne autour du point O, et x_1, y_1, z_1, désignant les coordonnées d'un point quelconque M de ce mobile, rapportées à ces trois axes, les composantes de la vitesse de M, parallèles aux directions actuelles de ces mêmes axes, sont (*)

$$qz_1 - ry_1, \quad rx_1 - pz_1, \quad py_1 - qx_1.$$

(*) *Traité de Mécanique*, tome II, page 129.

Si le point M appartient à l'une de ces trois droites, à l'axe OA, par exemple, on aura $y_1=0$ et $z_1=0$, la première vitesse sera nulle, et les deux autres se réduiront à rx_1 et $-qx_1$; d'où l'on conclut que l'axe OA tendra à se porter vers l'axe OB ou à s'en écarter, selon que la valeur de r sera positive ou négative, et à se rapprocher de l'axe OC ou à s'en éloigner, selon que la valeur de q sera négative ou positive; par conséquent, le signe de l'une des trois vitesses p, q, r, qui ne sera pas nulle, suffira toujours pour déterminer le sens de la rotation, à un instant quelconque.

Cela posé, pour une valeur de t infiniment petite, les équations (20) se réduisent à

$$\omega \cos.\zeta = p = 0, \qquad \omega \sin.\zeta = q = -2\gamma\alpha^2 m^2 t \sin.\epsilon,$$

en supprimant les infiniment petits d'un ordre supérieur au premier, et négligeant la quatrième puissance de α; d'où il résulte d'abord que le corps commencera à tourner autour d'un diamètre de l'équateur, perpendiculaire à l'axe OA, avec une vitesse angulaire égale à $-2\gamma\alpha^2 m^2 t \sin.\epsilon$; et comme l'angle γ est regardé comme une quantité positive, le sens de cette rotation initiale sera tel que l'axe OA tendra à s'éloigner de la partie OC de l'axe de figure, ou à s'en rapprocher, selon que l'angle ϵ surpassera 180° ou sera moindre. L'axe OA est le rayon de l'équateur dont la projection sur le plan fixe où se meut le point O', se confond, à l'origine du mouvement, avec le rayon vecteur OO' de ce point; ϵ est ici la valeur initiale de l'angle φ (n° 21); et il résulte du sens dans lequel cet angle doit être compté sur le plan de l'équateur, à partir de la droite ON (n° 1), que les axes OA et OC seront situés à

cette époque d'un même côté du plan fixe, lorsqu'on aura $\theta > 180^\circ$, et de deux côtés différents, dans le cas de $\theta < 180^\circ$; d'où l'on conclut que, soit en tendant à s'écarter de la direction de OC dans le premier cas, soit en tendant à s'en rapprocher dans le second cas, l'axe OA, dans les premiers instants du mouvement, se portera toujours vers le plan fixe où le point O' va se mouvoir; ce qui détermine le sens de la rotation initiale du mobile, autour d'un diamètre de l'équateur perpendiculaire à cet axe.

Si, à l'origine du mouvement, le point O' est situé sur la droite ON, on aura $\theta = 0$; l'axe OA coïncidera avec cette droite, et se trouvera conséquemment dans le plan fixe, dont il sortira l'instant d'après. Dans ce cas particulier, la première vitesse de rotation sera nulle, ou plutôt infiniment petite du second ordre; en conservant les infiniment petits de cet ordre dans les équations (20), et négligeant toujours la quatrième puissance de α, on déterminera, si l'on veut, la valeur de cette vitesse. Quant à sa direction, on trouvera en même temps que le mobile commencera encore à tourner autour d'un diamètre de l'équateur perpendiculaire à OA ou ON, dans un sens tel que ce sera la partie de l'équateur comprise entre ON et l'axe de rotation, du côté où le point O' va se mouvoir, qui se portera vers le plan de ce mouvement.

(42) Il résulte de ce qu'on vient de dire, qu'à l'époque où les vitesses de tous les points du mobile sont supposées nulles, l'attraction du point O' lui imprime, dans un temps infiniment petit, une vitesse de rotation égale à $-2\gamma\alpha^2 m'^2 t \sin.\theta$, autour d'un diamètre de l'équateur perpendiculaire au rayon qui se projette suivant la droite OO' sur le plan du mouvement de O', et tendante à rapprocher ce rayon de ce même

plan. Or, l'effet de l'attraction de O' sur le mobile étant indépendant de l'état de mouvement ou de repos de ce corps, il s'ensuit qu'il doit encore être le même à une époque quelconque, en changeant toutefois, dans la quantité précédente, t en dt, et les angles γ et ϵ en θ et $mt+\psi$, qui sont, au bout du temps quelconque t, l'inclinaison de l'équateur sur le plan où se meut le point O', et la distance angulaire de O' à l'intersection ON de ces deux plans. C'est ce qu'on peut, en effet, démontrer directement de la manière suivante, qui fera voir, en outre, que ce résultat n'exige pas que α soit une petite fraction, de sorte qu'en remettant $\frac{3}{2}c\mu^2$ à la place de $\alpha^2 m^2$ (n° 31), la quantité précédente sera, à un instant quelconque, $-3c\mu^2\theta\sin.(mt+\psi)dt$, quelle que soit la grandeur de α ou de c.

Le mobile étant un solide de révolution, la vitesse r autour de l'axe de figure OC est constante (n° 18); l'effet de l'attraction de O' ne peut donc consister qu'à faire varier les vitesses p et q autour des deux autres axes OA et OB, situés dans le plan de l'équateur : je représenterai par δp et δq, leurs accroissements pendant l'instant dt qui sont dus à cette force. En vertu des équations (4) et (5) du n° 20, les équations (7) du même numéro sont équivalentes à celles-ci :

$$dq = cnp\,dt - 3c\mu^2\theta\sin.v\cos.(v-\varphi)\,dt,$$
$$dp = -cnq\,dt + 3c\mu^2\theta\sin.v\sin.(v-\varphi)\,dt,$$

où l'on a mis $\theta\sin.\varphi$ et $\theta\cos.\varphi$ au lieu de s et s', et fait, en outre,

$$mt+\psi = \text{NOO}' = v.$$

Les termes $cnp\,dt$ et $-cnq\,dt$ de ces valeurs complètes de dq et dp, indépendants de la force attractive, sont les parties des accroissements de q et p, dues à l'état du mouvement du corps; en les supprimant, on aura les valeurs de δq et δp, que l'on pourra écrire ainsi :

$$\delta q = -3c\mu^2\theta \sin. v \cos. (v - \varphi)\, dt,$$
$$\delta p = -3c\mu^2\theta \sin. v \cos. (v + 90° - \varphi)\, dt.$$

Ces formules supposent d'ailleurs que l'on néglige le carré de θ; et alors la distance angulaire de la droite ON au rayon de l'équateur qui se projette, à un instant quelconque, suivant OO' sur le plan où se meut le point O', peut être regardée comme égale à v. En désignant par OD le rayon perpendiculaire à celui-ci, on aura donc

$$\text{NOD} = v + 90°;$$

et à cause de

$$\text{NOA} = \varphi, \qquad \text{NOB} = \varphi + 90°,$$

il en résultera

$$\text{DOA} = v + 90° - \varphi, \qquad \text{DOB} = v - \varphi;$$

par conséquent, les vitesses δq et δp autour des axes OB et OA, deviendront

$$\delta q = -3c\mu^2\theta \sin. v\, dt . \cos. \text{DOB},$$
$$\delta p = -3c\mu^2\theta \sin. v\, dt . \cos. \text{DOA}.$$

Or, les vitesses de rotation se composant suivant les mêmes lois que les vitesses de translation, on voit que ces deux vitesses angulaires se réduiront à une vitesse égale à $-3c\mu^2\theta \sin. v\,dt$, autour de l'axe OD; ce qu'il s'agissait de démontrer.

(43) Si la terre est le corps dont nous venons de déterminer, dans le plus grand détail, le mouvement de rotation autour de son centre de gravité, et que O' soit le centre du soleil, l'angle ψ sera la longitude de l'un des équinoxes, comptée sur le plan de l'écliptique, supposé fixe, et la valeur de ψ en fonction de t, que nous avons trouvée, fera connaître la *précession des équinoxes,* qui aurait lieu en vertu de la seule action du soleil sur le sphéroïde terrestre, si le mouvement de rotation eût été nul à une époque donnée, et que l'obliquité de l'écliptique fût très-petite. Dans cette double hypothèse, et en regardant la terre comme un solide de révolution, la précession serait toujours révolutive, comme dans la nature, excepté dans le cas singulier du nº 34; mais elle pourrait être rétrograde ou directe, par rapport au mouvement du soleil, selon qu'à l'époque donnée, la distance de cet astre à l'équinoxe le plus voisin, surpasserait 45° ou qu'elle serait moindre, d'une quantité qui ne fût pas très-petite. De plus, la durée moyenne de chaque révolution des équinoxes, au lieu d'être en raison inverse de la différence des moments d'inertie de la terre, comme dans la nature, serait seulement en raison inverse de la racine carrée de cette petite différence, et, par conséquent, beaucoup plus lente. Cette durée serait à celle de la révolution du soleil, comme l'unité est à la fraction $\sqrt{\frac{3(C-A)}{2A}}$, à très-peu près.

Ainsi, en supposant, pour fixer les idées, que la terre soit

un ellipsoïde homogène, prenant son demi-axe de figure pour unité, désignant par $1+\varepsilon$ le rayon de son équateur, de sorte que ε représente son aplatissement, et M étant sa masse, on aura, par les formules connues pour le calcul des moments d'inertie,

$$A = \frac{1}{5}M[1+(1+\varepsilon)^2], \qquad C = \frac{2}{5}M(1+\varepsilon)^2;$$

d'où l'on déduit

$$\sqrt{\frac{3(C-A)}{2A}} = \sqrt{\frac{3\varepsilon}{2}},$$

en négligeant le carré de ε. Si donc on prend un 300e pour la valeur de ε, la durée moyenne des révolutions équinoxiales serait d'environ quinze années. Pendant chaque révolution, la vitesse angulaire des équinoxes éprouverait de très-grandes variations, et pourrait s'élever depuis un 400e jusqu'au double de celle du soleil, d'après ce qu'on a vu dans le n° 33.

(44) Lorsque le centre d'attraction O' sera immobile comme le centre de gravité O du corps que nous considérons, on aura $m=0$; et si, en même temps, on a toujours $n=0$, les équations (7) du n° 20 se réduiront à

$$\frac{d^2 s}{dt^2} + 3c\mu^2 s = 0, \qquad \frac{d^2 s'}{dt^2} = 0;$$

d'où l'on tire, en intégrant,

$$\left.\begin{aligned} s &= D\cos.(\sqrt{3c}\,\mu t) + E\sin.(\sqrt{3c}\,\mu t),\\ s' &= D' + E't; \end{aligned}\right\} \qquad (21)$$

D, E, D′, E′, étant les constantes arbitraires. Dans ce cas, l'expression de s', et, par suite, la valeur de θ, renferment donc, en général, le temps en dehors des sinus et cosinus; en sorte que l'état d'équilibre dont le mobile a été écarté ne sera point un état stable, conformément à ce qui a été dit dans le n° 26.

A l'origine du mouvement, si l'on a imprimé une vitesse de rotation au mobile, autour du rayon OA de son équateur, qui se projetait suivant la droite OO′ sur le plan dont cet équateur a été un tant soit peu écarté, cette vitesse angulaire sera la valeur de p ou de $-\frac{ds'}{dt}$ (n° 20), qui répond à $t=0$, et, par conséquent, la valeur de E′. Quelque petite que soit cette vitesse, la valeur précédente de s' croîtra donc indéfiniment, et, au bout d'un certain temps, les formules (21) ne pourront plus servir à déterminer la position du mobile. Mais quand la valeur initiale de la vitesse de rotation autour de OA sera zéro, E′ le sera aussi, le temps disparaîtra hors des sinus et cosinus, et les formules (21) seront applicables pendant toute la durée du mouvement, si, toutefois, la vitesse initiale autour de OB est nulle ou très-petite.

Pour fixer les idées, je supposerai qu'elle soit zéro, ainsi que les vitesses initiales autour de OC et OA. D'après les équations (8) du n° 21, on aura

$$s=\gamma \sin. 6, \quad s'=\gamma \cos. 6, \quad \frac{ds}{dt}=0, \quad \frac{ds'}{dt}=0,$$

quand $t=0$; d'où l'on conclut

$$D=\gamma \sin. 6, \quad E=0, \quad D'=\gamma \cos. 6, \quad E'=0,$$

et, par conséquent,

$$s=\gamma \sin. \epsilon \cos. (\sqrt{3c}\,\mu\, t), \qquad s'=\gamma \cos. \epsilon,$$

à un instant quelconque.

En mettant $\theta \sin. \psi$ et $\theta \cos. \psi$ au lieu de s et s', on tire de là

$$\theta^2=\gamma^2 [1-\sin.^2 \epsilon \sin.^2 (\sqrt{3c}\,\mu\, t)],$$
$$\text{tang.}\, \psi=\text{tang.}\, \epsilon \cos. (\sqrt{3c}\,\mu\, t).$$

Cette valeur de tang. ψ montre que, dans ce cas, la droite ON fera des oscillations isochrones et égales de part et d'autre de la droite fixe OO', et que l'amplitude et la durée de chacune de ces oscillations entières seront ϵ et $\frac{\pi}{\mu\sqrt{3c}}$. En même temps, l'équateur oscillera d'un seul côté du plan dont il a été écarté : les *maxima* de son écartement répondront aux extrémités des oscillations, et seront égaux à sa valeur initiale γ; les *minima* auront lieu au milieu des oscillations, et $\gamma \cos. \epsilon$ pour valeur.

RAPPORT

FAIT A L'ACADÉMIE DES SCIENCES, SUR LES EXPÉRIENCES DE M. MELLONI, RELATIVES A LA

CHALEUR RAYONNANTE.

PAR M. BIOT.

L'ACADÉMIE a chargé MM. Poisson, Arago et moi (M. Biot), d'examiner un mémoire de M. *Melloni* contenant *la description et les usages d'un appareil propre à manifester et à mesurer les phénomènes de transmission de la chaleur rayonnante.* Cet appareil étant celui-là même à l'aide duquel M. Melloni a fait depuis quelques années un si grand nombre de belles et importantes découvertes, nous avons pensé qu'il convenait de rattacher tous ces résultats par les liens de leur dépendance mutuelle, de manière à en composer un ensemble général de propriétés physiques; et, avec l'agrément de l'inventeur, nous les réunissons tous ici dans notre rapport. La nouveauté des phénomènes que cet ensemble embrasse, et la généralité non moins imprévue des lois physiques qui en dérivent, rendraient inutile, pour notre but, de rappeler ici

les idées que l'on avait pu se faire antérieurement sur la plupart des objets qui s'y rapportent; et ainsi nous n'en ferons précéder l'exposition d'aucun détail historique. Outre qu'il est toujours assez périlleux de prétendre fixer la part de mérite des inventeurs dans une science qui marche, ce que chacun ne peut jamais faire que dans sa limite d'idée personnelle, il serait ici comme impossible de remplir une pareille tâche, avant d'avoir fait connaître tout ce que les découvertes de M. Melloni apportent d'éléments nouveaux dans cette appréciation; et les physiciens l'achèveront aisément quand nous les aurons fait connaître.

La nature, autant que l'étendue des objets que nous devions ainsi comprendre dans notre rapport, nous a déterminés à le diviser en deux parties.

Dans la première nous exposons le système général des appareils, le mode d'expérimentation, les moyens de mesures leur degré d'exactitude; puis, les résultats généraux que ces procédés font connaître, relativement à la réflexion de la chaleur rayonnante sur les surfaces des corps, et à sa transmissibilité dans leur intérieur, selon leur nature, comme aussi selon la nature de la source calorifique d'où la chaleur rayonnante est émanée.

Dans la seconde partie, nous considérerons les mesures numériques des transmissions que M. Melloni a obtenues. Nous en ferons sortir les lois physiques qui règlent l'absorption progressive de la chaleur rayonnante aux diverses épaisseurs des corps, soit semblables, soit différents; et nous montrerons comment ces lois décèlent à chaque instant la constitution actuelle du flux calorifique, tant avant qu'après sa transmission. De là nous passerons à la réfraction de la chaleur

rayonnante, à sa réflexion intérieure; puis aux phénomènes d'émission et d'absorption par les surfaces, que M. Melloni a également mesurés, et que les lois précédentes contribuent à éclaircir. Enfin nous rapporterons les résultats spécialement obtenus par M. Melloni sur la transmission de la chaleur solaire, et sur le maximum d'intensité de cette chaleur dans le spectre, résultats qui, tout extraordinaires et imprévus qu'ils ont pu paraître à l'époque de leur découverte, sont, comme M. Melloni l'a annoncé avec une parfaite justesse, des conséquences nécessaires et très-simples des propriétés générales reconnues par lui dans le phénomène de transmission.

Les trois commissaires soussignés ont vu et constaté par eux-mêmes tous ces résultats dans ce qu'ils ont de général. Ils ont examiné, discuté les procédés de mesure, et reconnu leur certitude et leur justesse. Un d'entre eux s'est appliqué exclusivement depuis plusieurs mois au détail de ces expériences, et il n'en est point qu'il n'ait plusieurs fois répétées avec M. Melloni. Le progrès des idées amenées par cet examen nous a fait désirer que certaines propriétés des appareils, et certains caractères des flux calorifiques, fussent constatés ou mis en évidence par des expériences spéciales que M. Melloni s'est empressé de faire sur notre demande, avec les soins les plus ingénieux, et avec une patience dont nous ne pouvons trop le louer. Ces recherches, toutes de précision, ont exigé la construction de quelques appareils peu dispendieux, que M. Melloni n'avait pas, et que nous avons dû mettre entre ses mains pour en tirer les résultats que nous désirions. Ils rentreront dans la collection de l'Académie après la lecture de notre rapport; et nous espérons que l'Académie ne nous

55.

désapprouvera pas d'avoir fait cette faible dépense pour un pareil but.

Des recherches sur le rayonnement de la chaleur exigent nécessairement l'emploi d'une source calorifique, dont l'émission se maintienne dans un état constant d'intensité ainsi que de nature, ou soit ramenée à l'équivalence d'un tel état par les procédés d'expérimentation. Les sources de ce genre employées par M. Melloni sont d'abord, pour les températures inférieures, des cubes métalliques creux, recouverts d'enduits de diverses natures sur leurs diverses faces, et entretenus dans un état connu de température au moyen de liquides qui remplissent leur capacité. Pour des températures un peu plus élevées, il emploie le cuivre chauffé par la flamme de l'alcool jusque vers environ 400° centigrades, ce qui le laisse encore à l'état obscur. Au-delà, il emploie une spirale de platine, entretenue par la combustion de l'alcool à l'état d'incandescence. Enfin, pour le dernier terme de chaleur artificielle, il emploie la lampe Locatelli, qui, par sa construction ingénieuse ainsi que par l'identité de préparation de ses petites mèches, offre plus de permanence que toute autre, comme nous en donnerons la preuve plus loin.

Quel que soit le corps thermoscopique employé pour recevoir le rayonnement, il faut toujours ramener l'émission qui le frappe à un état d'intensité identique dans les diverses expériences que l'on veut comparer. M. Melloni y est constamment parvenu à l'aide d'une méthode d'alternatives, semblable à celle que Coulomb employait pour l'électricité; c'est-à-dire en obtenant d'abord le résultat A, puis immédiatement après le résultat B, puis encore immédiatement après

le résultat A, et enfin en comparant l'intermédiaire B à la moyenne des deux extrêmes.

Mais outre la constance d'intensité de la source, il faut encore assurer la constance de sa nature, c'est-à-dire l'identité de constitution du flux calorique qu'elle émet à tous les instants. Car on sait aujourd'hui qu'il y a des rayonnements calorifiques de qualités fort diverses, qui manifestent des dispositions très-dissemblables à être absorbés ou transmis. L'identité du flux devient donc une condition de rigueur pour obtenir des résultats comparables. Or, on conçoit qu'un tel état de permanence peut seulement être constaté, s'il existe, non se produire à volonté s'il n'existe pas. C'est pourquoi M. Melloni soumet toujours le rayonnement de ses sources à des épreuves de transmission qui peuvent lui montrer à chaque instant si la composition de ce rayonnement est constante, et il ne les emploie que dans cet état. La nécessité de cette précaution est extrême; car on n'imaginerait jamais, sans l'avoir vu soi-même, avec quelle facilité excessive la qualité du flux émis peut varier par les modifications de circonstances en apparence les plus légères. Ainsi, en plaçant une plaque de métal à distance au-dessus de la flamme de la lampe Locatelli, de manière à modifier tant soit peu le courant d'air ascensionnel qui l'enveloppe, et à faire croître tant soit peu sa longueur, non seulement l'intensité du rayonnement s'en trouve aussitôt faiblement changée et accrue, ce à quoi l'on remédie par des observations alternatives, comme nous l'avons dit tout à l'heure; mais encore, et bien davantage, la qualité du flux émis devient diverse, et porte des rayons tout autrement groupés, comme d'une tout autre nature, dans les corps qu'on lui fait traverser.

Cette soudaine transmutation offre même le singulier caractère que le flux est rendu ainsi moins transmissible en même temps que plus abondant.

Enfin, comme la flamme employée pour source rayonnante, a nécessairement des dimensions sensibles, M. Melloni a eu soin de la tenir placée au foyer d'un miroir parabolique qui, affaiblissant la divergence des rayons émis, rend ainsi le flux calorifique plus assimilable à ce qu'il serait s'il émanait d'un point unique placé à une distance infinie. Cette précaution est loin d'être superflue; car telle est la précision des expériences, que si l'on recevait immédiatement le flux lancé par un point radieux à travers des plaques diaphanes de sept à huit millimètres d'épaisseur, la réfraction éprouvée par le flux calorifique dans l'intérieur de la plaque exigerait une petite correction d'épaisseur qui ne serait pas insensible, même en supposant le point rayonnant à une distance d'un demi-mètre; parce que cette réfraction diminuant la divergence primitive des rayons, rapprocherait optiquement la source d'une petite quantité.

Les dispositions que nous venons de décrire ramènent donc chaque série d'expériences à donner des résultats qui correspondent tous à un même état constant d'intensité et de constitution du flux calorifique, ce qui les met dans des conditions exactement comparables. Mais ici il est nécessaire de faire une remarque d'une extrême importance pour fixer dès à présent la portée des déductions auxquelles ces résultats peuvent conduire, relativement à la nature de la chaleur; c'est que par la constitution physique même des corps employés comme source calorifique, le flux ainsi émis et transmis à la pile n'est jamais simple ni homogène, mais est au contraire,

nécessairement, et toujours, composé d'un nombre plus ou moins considérable de flux partiels de nature diverse que l'on doit concevoir comme différents les uns des autres par la qualité et l'intensité. Car, emploie-t-on la flamme du Locatelli, par exemple? La base et le sommet de cette flamme émettent des filets calorifiques extrêmement dissemblables en transmissibilité, les inférieurs étant comparativement beaucoup plus absorbables, comme M. Melloni s'en est assuré par l'expérience. Les rayons calorifiques émanés des parties antérieures et postérieures de la flamme sont aussi, avant d'arriver à la pile, diversement modifiés; les postérieurs ayant à traverser la flamme même, les antérieurs parvenant à la pile directement. Le réflecteur parabolique, placé derrière la flamme pour affaiblir la divergence de ses rayons et condenser leur force, s'échauffe aussi lui-même, et rayonne des filets de chaleur de qualité différente de ceux de la flamme. Le flux qui parvient à la pile à travers les diaphragmes est la somme composée de ces flux partiels, et l'impression qu'elle en éprouve est la somme composée de leurs actions. Parmi celles-ci, la plus gênante et la plus perturbatrice serait sans aucun doute le rayonnement propre du miroir réflecteur, à cause de la qualité particulièrement absorbable de l'émission qui en doit provenir. Heureusement M. Melloni s'est matériellement assuré, en éteignant sa lampe, que, dans les conditions de distance où il opère l'effet de ce rayonnement est insensible; ce qui vient de ce que son extension, nécessairement sphérique, ne peut alors se répandre sur la petite face de la pile thermoscopique à travers les diaphragmes que dans une infiniment petite proportion. Quant aux autres actions dissemblables, dues à la constitution essentiellement hétérogène du flux, elles peuvent être seulement affai-

blies, limitées par d'habiles dispositions dans le mode d'expérience; mais étant inhérentes à l'acte même de la production de la flamme, on ne peut jamais les faire complétement disparaître. Veut-on employer une spirale de platine incandescent? Le bas de la spire, offrant toujours une teinte plus brillante et plus blanche que le sommet, décèle un ordre de température inverse de la flamme, conséquemment une distribution également inverse des filets absorbables. Enfin, lorsqu'on emploie comme source une lame métallique recourbée, chauffée par dessous par une flamme d'alcool, il est infiniment peu probable que toutes les parties de cette lame soient rigoureusement à un même état simultané de température; et leur dissimilitude de température nécessite une diverse qualité de rayonnements.

Cette composition inévitable des flux calorifiques employés comme sources rayonnantes entraîne deux conséquences qu'il ne faut jamais perdre de vue : la première, c'est qu'en étudiant les transmissions aux épaisseurs diverses d'une même substance, et construisant ou calculant leurs lois, si l'on veut chercher à y découvrir les caractères propres des rayons calorifiques qui ont éprouvé ces transmissions, il faudra toujours se souvenir de leur dissimilitude originelle; et si l'on trouve dans les quantités transmises l'expression d'une transmissibilité inégale, ce qui a lieu en effet toujours, il faudra distinguer soigneusement dans cet effet ce qui appartient à l'état primitif du flux tel qu'il était émis, et les modifications nouvelles qu'il a pu recevoir par l'action propre des plaques qu'il a à traverser. Nous nous hâtons d'ajouter ici que cette dissimilitude primitive a été atténuée autant que possible dans toutes les expériences de M. Melloni, par l'emploi qu'il a fait des diaphragmes pour limiter l'étendue superficielle de la

portion de la source d'où la pile peut recevoir des rayons; car alors ceux-ci étant lancés par des points très-voisins, sont nécessairement moins dissemblables en raison de cette proximité même.

La seconde conséquence que nous signalerons, c'est qu'il est très-heureux que M. Melloni ait judicieusement borné toutes ses expériences à l'incidence perpendiculaire. Car, indépendamment des variations d'intensité qui seraient inévitablement introduites dans les résultats par les moindres changements d'inclinaison des plaques obliques, le sens même suivant lequel on les inclinerait sur le flux hétérogène, favorisant la réflexion de telle ou telle espèce de rayons calorifiques dans la pyramide que laissent passer les diaphragmes, produirait inévitablement des différences complémentaires d'intensité dans les transmissions; et si l'on attribuait ces inégalités aux propriétés spécifiques des rayons, sans y avoir préalablement démêlé la part inévitablement due à la constitution hétérogène de la pyramide incidente, on pourrait être conduit à leur supposer des affections qu'ils n'auraient réellement pas.

Nous devons maintenant parler du corps thermoscopique qui reçoit l'impression du flux rayonnant. Dans les expériences de M. Melloni, ce corps est une toute petite pile thermoélectrique, composée de vingt-cinq couples de barreaux de bismuth et d'antimoine, soudés bout à bout et repliés les uns sur les autres, de manière à former un petit parallélipipède dont les deux bases opposées, revêtues d'une mince couche de noir de fumée, s'offrent seules à l'impression des rayons. Deux fils métalliques, partant des deux bouts de cette chaîne, vont former les nombreux replis d'un galvanomètre, au centre duquel un simple fil de cocon suspend un système magné-

tique astatique, formé par deux petites aiguilles aimantées d'une énergie aussi égale que possible, disposées parallèlement l'une à l'autre avec leurs pôles en opposition. La petite pile a une de ses bases tournée vers le flux rayonnant dont elle est d'abord abritée par des écrans métalliques. Alors l'aiguille du galvanomètre est en repos dans la direction du méridien magnétique, sur laquelle le zéro de la division circulaire a été amené d'avance, expérimentalement, par ce caractère de coïncidence même. Dès qu'on abaisse l'écran, la pile reçoit l'impression rayonnée du flux calorifique qui, agissant ainsi sur une seule de ses faces, rend à l'instant magnétique le fil du galvanomètre. L'aiguille se trouve alors chassée du zéro de sa division, et après quelques oscillations, elle se fixe à un certain écart que l'on observe. Cet écart, comme on le verra tout à l'heure, mesure l'intensité de l'émission calorifique reçue par la pile dans la circonstance donnée.

Mais pour obtenir ce résultat de mensuration, il y a des conditions indispensables à observer dans la disposition de l'appareil, et elles sont tellement délicates qu'il serait fort aisé d'en tirer de mauvaises expériences ou plutôt de mauvaises mesures de résultats vrais. Premièrement, il faut, comme le fait M. Melloni, que la pile soit enveloppé latéralement, et pour ainsi dire cachée, dans un prisme creux de métal poli, qui la dérobe à tout rayonnement étranger à la source, et lui laisse voir seulement celle-ci à travers des diaphragmes qui excluent tous les autres rayons. Et puis, comme le remarque encore très-bien M. Melloni, il faut que la disposition des barreaux de la pile la constitue symétrique sur ses deux surfaces; car bien qu'une seule de celles-ci regarde la source rayonnante, néanmoins toutes deux sont en outre simultané-

ment exposées au contact de l'air ambiant; et pour peu que celui-ci vienne à changer de température, si la pile n'est pas symétrique sur ses deux faces, l'inégalité d'impression produira inévitablement un développement correspondant de magnétisme dans le galvanomètre, et ainsi, les effets de la source calorifique, que l'on voulait observer pure, seront corrompus par cet effet étranger. Et même, en supposant la pile symétrique, il faudra bien se garder d'agiter l'air à l'entour par quelque mouvement accidentel; car cela ne pouvant jamais avoir lieu sans quelque dissymétrie d'impression sur les deux faces de la pile, il en résultera encore temporairement une action magnétique étrangère aux effets propres de la source que l'on voulait observer.

Maintenant il faut apprécier les effets du galvanomètre, et en déduire les intensités correspondantes du flux calorifique qui les produit. L'aiguille étant supposée déviée, et amenée, après quelques oscillations, à une certaine position d'équilibre, la force magnétique qui l'y retient est nécessairement égale à l'effort exercé en sens contraire par le magnétisme terrestre qui la rappelle vers son point de repos. Ainsi, la force déviante est, comme cet effort, proportionnelle au sinus de l'écart. Mais ce sinus n'a qu'une relation très-éloignée avec l'intensité de la source calorifique; et cette relation dépendant de la construction mécanique du galvanomètre, est tout à fait impossible à déterminer autrement que par l'observation. Dans les galvanomètres dont M. Melloni a fait usage, les replis du fil métallique sont distribués de part et d'autre de l'aiguille en deux paquets parallèles, composés d'un même nombre de tours, et dont la direction commune est aussi parallèle à la ligne de repos de l'aiguille sur son méridien. De là

il résulte que, très-près de cette ligne de repos, les faisceaux du galvanomètre agissent sur les aiguilles presque comme s'ils étaient composés de fils indéfinis en longueur. Ainsi les petites déviations de l'aiguille sont nécessairement proportionnelles aux quantités absolues de force magnétique, développées par la pile dans le fil conducteur; et par suite, comme M. Melloni le prouve, ces mêmes petites déviations se trouvent proportionnelles aux élévations de température que la pile ressent sur celle de ses faces qui regarde la source rayonnante. Nous croyons qu'il serait facile de construire des galvanomètres où cette proportionnalité des écarts avec les impressions calorifiques s'étendrait beaucoup plus loin; et l'on y parviendrait vraisemblablement si l'on distribuait les révolutions du fil symétriquement des deux côtés de l'aiguille, de manière à leur faire occuper de part et d'autre un plus grand arc, au lieu de les concentrer, comme on le fait aujourd'hui, en deux faisceaux parallèles. Aussi arrive-t-il nécessairement de cette disposition qu'une fois écartée à quelque distance de l'axe central, l'aiguille éprouve de la part des deux paquets de fil des actions dont le rapport avec les impressions propres de la pile est toute différente; de manière que généralement dans de telles circonstances une impression calorifique double, triple, ou quadruple, est bien loin d'être représentée par un nombre proportionnel de degrés. Aussi M. Melloni a-t-il toujours eu soin de modifier les intensités ou les distances des sources, de manière à n'avoir jamais à comparer entre elles que des déviations moindres que 35°; et encore dans ces limites il s'est bien gardé de considérer *à priori* les déviations observées comme étant proportionnelles aux impressions calorifiques qui les produisaient. Il a déterminé ex-

périmentalement les rapports qui existaient dans son galvanomètre entre cette cause et ce résultat, et il y est parvenu par deux méthodes différentes qu'il a décrites dans son mémoire. La première consiste à mettre d'abord les deux faces de la pile en équilibre de température sous l'influence simultanée de deux sources agissant contradictoirement sur ses deux faces. Les distances étant ainsi réglées, de manière que l'aiguille du galvanomètre, sous cette double influence, se trouve fixée sur sa ligne de repos, on change tant soit peu l'une des deux distances, de manière à obtenir une déviation de l'aiguille comprise dans les petits écarts, par exemple de cinq ou six degrés; telle est donc, dans ce cas, l'expression de la différence d'intensité des deux sources, mesurée sur les arcs voisins de la ligne de repos. Alors on cache l'une des deux sources par un écran métallique, et l'on observe la déviation isolée que l'autre produit; puis on cache celle-ci à son tour, et l'on observe isolément l'autre de la même manière. La différence des déviations observées dans ces deux circonstances exprime donc encore la différence des intensités calorifiques des deux sources; mais elle l'exprime cette fois sur une partie du cadran éloignée de l'axe central. On peut donc, par cette expérience, connaître les réductions qu'il faut faire subir à ces grands écarts-là pour les rendre comparables aux petits écarts; et le même genre d'épreuve répété minutieusement, comme l'a fait M. Melloni, sur tous les degrés d'amplitude où l'on veut que les déviations observées s'étendent, donne une table de réduction au moyen de laquelle on parvient toujours à les exprimer en divisions numériques de même valeur. M. Melloni est encore arrivé au même résultat par un autre procédé non moins exact que celui-ci, quoique indirect. Ayant amené

une source calorifique donnée à produire, par son rayonnement immédiat sur la pile, une déviation comprise dans les petits écarts, par exemple de 10 degrés, il interpose dans le trajet des rayons une lame de verre ou de toute autre substance diaphane qui affaiblit cet effet dans un certain rapport, par exemple qui le réduit à 5 degrés; si l'on suppose que, dans cet ordre limité d'amplitudes, les déviations sont proportionnelles aux intensités des impressions éprouvées par la pile, les intensités de ces deux forces directes et indirectes se trouvent donc dans le rapport de 2 à 1. Maintenant, rapprochez la source rayonnante, de manière que l'impression calorifique plus forte qui en résulte produise une déviation de 30 degrés; alors, si l'on interpose la même plaque de verre, la déviation tombera à une valeur moindre, laquelle devrait être de 15 degrés, si la proportionnalité des déviations aux forces s'étendait jusqu'à cet ordre d'amplitudes. Or, on trouve généralement par l'expérience que cette constance de rapport n'a pas tout à fait lieu; et la réduction qui en résulte, pour rendre les grandes déviations comparables aux petites, se trouve, en chaque point de la division, exactement égale à ce que donne l'autre méthode, fondée sur l'action opposée des sources, agissant directement. M. Melloni a même constaté, d'après notre demande, que la tabulation ainsi obtenue est la même, quelle que soit la nature de la source calorifique employée pour en déterminer les rapports. On imaginerait difficilement quels soins il faut employer dans la formation expérimentale de ces tables de réduction. Car bien que l'on trouve toujours une certaine généralité de marche dans les résultats pour divers écarts, néanmoins, il ne faut pas y espérer l'uniformité, ni même la régularité, dans le passage

d'une division à une autre; puisque, ainsi que M. Melloni nous l'a fait voir, la plus petite irrégularité de disposition dans les révolutions du fil vers tel ou tel point des divisions, entraîne immédiatement une irrégularité du même ordre dans la valeur relative des déviations qui y répondent. Mais en mesurant les effets de ces variétés par l'expérience locale, comme nous venons de le dire, et formant avec leur mesure des tables de réduction, que l'on applique ensuite à tous les résultats qu'on observe, on se débarrasse de leur influence, et toutes les évaluations se trouvent ramenées à des termes comparables; comme on peut bien ensuite s'en apercevoir par la régularité presque incroyable des nombres que l'on obtient.

A ces précautions, que des esprits superficiels pourraient croire minutieuses, mais qui au contraire font seules et assurent le mérite de précision des résultats, M. Melloni a joint un procédé pratique extrêmement utile pour abréger la dureé nécessaire des observations sans rien ôter à la rigueur des mesures. En comparant chaque déviation stable avec le maximum d'excursion qui la précède, il a trouvé le rapport de l'une à l'autre différent pour les diverses parties de la division circulaire, mais exactement constant pour chaque point; et cela quelle que fût la nature de la source calorifique, par laquelle cette impulsion et cette déviation étaient produites. Il a donc mesuré ce rapport pour chaque division dans toute l'étendue d'amplitude où il opère. Il en a formé une table qui était ainsi tout entière expérimentale. Alors dans chaque expérience subséquente il a pu se borner à observer seulement l'écart extrême dû à la première impulsion; et en y appliquant ses tables, il obtient d'abord l'arc de déviation stable qui en résulterait, puis la valeur pro-

portionnelle de cette déviation stable en fonction des petits arcs situés près de l'origine des divisions. Il gagne ainsi du temps d'abord, beaucoup de temps, puisqu'il s'écoule toujours dans chaque observation plusieurs minutes avant que l'aiguille se fixe. Mais ce qui est bien plus essentiel encore, il peut opérer ainsi sur la même source à des instants successifs beaucoup moins distants les uns des autres, ce qui contribue infiniment à affaiblir et à rendre moins dangereuse l'influence des petits changements progressifs que son état physique peut éprouver. Il y a dans l'acte même de la déviation de l'aiguille, une particularité que M. Melloni a judicieusement remarquée. A l'instant où l'on abaisse les écrans, l'aiguille se met en marche, lentement d'abord, puis plus vite, plus vite encore, jusqu'à ce qu'enfin elle arrive par une progression continue, non par un saut brusque, au maximum d'excursion qu'elle doit atteindre; et quelle que soit l'amplitude de cette excursion, grande ou petite, elle y arrive toujours dans un temps égal; soit que la source calorifique agisse directement sur elle, soit qu'elle agisse à travers une plaque interposée, de nature quelconque. De là il suit évidemment que le temps enployé par les rayons à traverser les plaques est absolument insensible; mais en outre la marche progressivement accélérée, non pas saccadée, de l'aiguille, indique un progrès d'accumulation analogue, dans les impressions que le rayonnement de la source lui fait éprouver. L'étude de ces détails peut être utile pour éclairer le mode de développement du magnétisme dans cette circonstance par l'excitation de la température.

Nous avons insisté sur ces détails, parce que c'est avec l'emploi seul, exclusif, de toutes les précautions précé-

dentes que l'on peut obtenir de l'appareil des résultats numériques comparables, dignes de confiance, que la physique et le calcul puissent employer avec sécurité. Nous sommes heureux de dire que ceux que M. Melloni nous a présentés, toujours conclus, à la vérité, de moyennes nombreuses, atteignent par ces moyens une limite de précision à peine croyable, et dont il est impossible d'avoir une idée, à moins de les avoir éprouvés soi-même en essayant de les lier numériquement.

Or, cette confiance que les observations de M. Melloni nous ont inspirée, nous a paru mériter que l'on cherchât à mettre hors de doute leur relation de proportionnalité avec les élévations de température éprouvées par la pile sous l'influence des flux calorifiques, et par suite la proportionnalité de ces impressions avec l'intensité calorifique du flux mesurée par les effets thermoscopiques ordinaires. Pour résoudre la première de ces deux questions, M. Melloni a d'abord cherché à prouver que des différences de températures communiquées aux deux pôles de ses piles par un contact immédiat, produisaient dans le galvanomètre des déviations réduites exactement proportionnelles aux différences de température ainsi imprimées. Pour cela, il a construit une chaîne thermoélectrique à bouts recourbés, semblable, en tout le reste, à celle qu'il emploie habituellement dans son appareil. Il l'a faite seulement de deux simples éléments métalliques, antimoine et bismuth, avec des fils de dérivation qui se rendaient de même au galvanomètre. Mais, malgré cette grande réduction du nombre des couples, toute différence de température appréciable aux thermomètres ordinaires, étant appliquée à cette pile, aurait produit sur

le galvanomètre un effet excessif pour la délicatesse de cet instrument, si on l'avait fait agir directement sur lui. C'est pourquoi M. Melloni dut immensément l'affaiblir avant de la lui transmettre : ce qu'il fit en l'obligeant de traverser un circuit de fil de fer très-fin. Alors il plongea successivement les deux pôles de la pile dans des liquides de températures connues et diverses. Il les y mit ensuite simultanément; et, dans un cas comme dans l'autre, les déviations de l'aiguille aimantée, amenées par la table de réduction à des termes comparables, se trouvèrent exactement proportionnelles aux différences de température que la pile avait immédiatement reçues. Il est presque superflu d'ajouter que, dans cette expérience dont M. Melloni nous a rendus témoins, les thermomètres employés à la mesure des températures étaient aussi délicats qu'exacts dans leurs indications. Il restait donc uniquement à constater si l'impression reçue à distance par les faces de la pile, sous l'influence d'un flux calorifique rayonnant, comme cela a lieu toujours dans les expériences habituelles, avait, avec la quantité de chaleur envoyée par les sources, le même rapport de proportionnalité que l'on venait d'observer dans la communication par le contact. En d'autres termes, il s'agissait de savoir si l'impression ainsi éprouvée par la pile, en vertu de l'absorption qu'elle fait du rayonnement qui lui arrive, est identique avec l'absorption thermoscopique qui, dans les corps gazeux, liquides, ou solides, produit des dilatations. Quelque vraisemblable que cette identié de résultats pût paraître, les causes physiques qui les produisent étant les mêmes, nous avons cru essentiel de la constater. Pour cela nous avons fait construire par l'habile artiste M. Bunten, un ther-

moscope différentiel à air, dont les deux réservoirs, au lieu d'être en verre, comme à l'ordinaire, consistaient en deux petites caisses cubiques formées par des lames très-minces de métal polies au dehors, et noircies en dedans au noir de fumée. Ces deux réservoirs avaient précisément les mêmes dimensions transversales que la pile de M. Melloni; ils étaient comme elle enveloppés, et pour ainsi dire cachés dans un étui carré de métal qui ne les touchait pas; et, comme elle enfin, ils avaient leurs deux faces extrêmes recouvertes extérieurement d'une couche de noir, pour leur faciliter l'absorption des flux rayonnants qui les frappaient. L'axe central de ce petit thermoscope formait une tige qui pouvait s'implanter sur le support même de la pile, et se substituer ainsi à elle point pour point. Ces préparatifs étant faits, M. Melloni a mis la pile en équilibre entre les actions contraires de deux sources de nature différente, dont les intensités ont été réglées par la variation de la distance, de manière à obtenir ainsi un parfait équilibre entre les impressions éprouvées par la pile sur chacune de ses deux faces; tellement que l'aiguille aimantée se trouvât ainsi amenée et fixée par équilibre à son point naturel de repos. Cette égalité étant obtenue pour la pile, on a caché les sources par des écrans. On a enlevé la pile et on lui a substitué le thermoscope, pour voir si la même égalité d'action se maintiendrait pour lui. Mais, malgré tous les soins qu'on avait pris pour rendre le thermoscope et la pile identiques dans leurs dimensions, comme il était impossible d'espérer que cette identité fût matériellement rigoureuse, M. Melloni a d'abord découvert seulement une des deux sources, qui rayonna par conséquent seule sur celui des deux réservoirs

qu'elle voyait alors. Son influence transmise par ce réservoir au gaz intérieur, a chassé l'index vers la branche opposée. Quand il a été ainsi parvenu à son point de repos, M. Melloni a caché la source par son écran; puis, faisant faire au thermoscope une demi-révolution autour de son axe vertical, il a amené vers l'autre source cette même branche qui avait regardé la première. Alors il a découvert l'écran de cette seconde source, qui a agi sur ce même réservoir, exactement comme la première avait fait, et dans des conditions exactement pareilles. L'index mis en mouvement s'est éloigné comme il l'avait fait dans ce premier cas, et il s'est arrêté précisément au même point d'équilibre. De là on a dû conclure que les rayonnements calorifiques émanés des deux sources, tout dissemblables qu'ils étaient dans leur nature, étant amenés à une égale intensité de rayonnement pour la pile, étaient aussi également énergiques sur le thermoscope à air, pour dilater le gaz qu'il renferme; et qu'en conséquence ces deux modes de communication, fondés d'ailleurs l'un et l'autre sur la faculté absorbante, étaient identiques et équivalents.

M. Melloni avait encore imaginé, et il a en effet réalisé, une autre épreuve de ce genre, qui semblait bien facile, et qui pouvait paraître plus directe. Elle consistait à faire rayonner sur la pile un cube métallique creux, à mince paroi, noirci avec du noir de fumée sur la face tournée vers elle, et rempli intérieurement d'un liquide chaud, qu'on laissait spontanément refroidir; sa température, à chaque instant, étant marquée par des thermomètres qui y restaient plongés. Mais, ce que l'on n'avait pas prévu, et pourtant ce que les autres expériences de M. Melloni auraient dû faire prévoir,

il se trouva que l'intensité de la radiation émise par la surface noircie vers la pile, ne conservait pas un rapport constant avec l'excès de la température actuelle du liquide intérieur sur la température de l'air ambiant. C'est ce que montre le tableau qui suit, où les températures sont marquées en degrés du thermomètre centésimal, comme dans toutes les expériences qui suivent :

Température de l'eau dans le vase métallique.	Excès de la température de l'eau sur celle de l'air environnant.	Force calorifique exercée sur la pile par la radiation de la face noircie du vase.
100°................	75°................	35,58
94................	69................	30,81
90................	65................	28,25
85	60................	25,23
80................	55................	22,40
75................	50................	19,68
70................	45................	17,01
65................	40................	14,45
60................	35................	12,21
55................	30................	9,85
50................	25................	7,75
45................	20................	5,34
40................	15................	3,60
35................	10................	2,05
30................	5................	0,92

Si l'on prend successivement chaque terme de la troisième colonne, et qu'on calcule son rapport avec celui de la seconde qui lui correspond, la fraction ainsi obtenue va toujours en décroissant, à mesure que la température baisse. Ainsi, à 100°, ce rapport est $\frac{35,58}{75}$ ou 0,4577; à 75° il n'est déja plus que $\frac{19,68}{50}$; à

45°, il est $\frac{5,34}{20}$ ou 0,267. Or, toutes les autres expériences montrant que les impressions éprouvées par la pile étaient proportionnelles à l'intensité des forces calorifiques rayonnantes, il fallait évidemment conclure qu'ici la surface rayonnante, qui était la paroi inférieure noircie du vase, recevait du liquide intérieur, à travers le métal, des quantités de chaleur toujours proportionnellement moindres, à mesure que la température du liquide baissait; comme si, à ces degrés inférieurs de l'échelle thermométrique, de même que dans les supérieurs, le flux calorifique continuait de subir progressivement des changements de nature qui le rendent sensiblement moins transmissible à travers le métal, à mesure que la source qui l'émet a une température moins élevée. Or, cette continuité de modification, d'ailleurs si conforme à l'analogie, M. Melloni l'a constatée immédiatement dans ces basses températures en transmettant la même radiation dont il s'agit à travers une lame très-mince de mica, perpendiculaire à sa direction, et comparant l'intensité du flux ainsi transmis à son intensité directe. Car la transmission s'est affaiblie à mesure que la température a baissé; et le progrès de cet affaiblissement a été sensible jusque devant des mélanges réfrigérents; Enfin, pour qu'il devînt tout à fait évident qu'il était réellement dû à un changement de nature de la radiation, non à quelque erreur accidentelle, M. Melloni a observé concurremment la transmission du même flux à travers une plaque de sel gemme parfaitement poli, substance qui transmet également bien toutes les espèces de rayons calorifiques: la proportion de la transmission y est demeurée constante et égale à $\frac{923}{1000}$ de la chaleur incidente, quelque basse que fût la température du liquide au moment où on l'observait. Voici le tableau des résultats :

Désignation des sources rayonnantes.		Nombre proportionnel de rayons transmis à la pile à travers la feuille mince de mica et le sel gemme, sur cent incidents directs.	
		Mica.	Sel gemme, pur et poli.
Vase métallique à paroi mince rempli d'eau à	100°	32,15	92,2
Idem.	96°	27,92	92,3
Idem.	64°	20,62	92,0
Idem.	50°	19,65	92,2
Masse de glace fondante, nue.		17,50	92,0
Vase métallique noirci, contenant un mélange de glace pilée et de sel à — 18°	— 18°	15,41	92,2

Il est presque superflu de faire remarquer que, dans les deux dernières expériences, la pile rayonnait vers le corps mis en sa présence, plus abondamment que celui-ci vers elle, de sorte que l'aiguille du galvanomètre était déviée en sens contraire des expériences précédentes, où l'excès de température était en sens opposé. Quant à la parfaite constance de la transmission dans la plaque de sel, on verra plus loin qu'elle résulte de ce que cette substance absorbe en si faible proportion toutes les espèces de flux calorifiques, que, dans les épaisseurs où on peut l'observer, elle n'exerce sur eux d'affaiblissement sensible que celui qui provient des deux réflexions spéculaires, exercées à sa première et à sa seconde surface.

Ayant ainsi examiné les appareils de M. Melloni, apprécié ses moyens d'observation, et constaté l'exactitude des mesures qu'il en peut déduire, nous entrons dans leur application expérimentale.

La pile thermoscopique étant fixe sur son support, avec ses faces défendues par de doubles écrans de métal poli, on place sur le prolongement de son axe la source rayonnante que l'on veut faire agir sur elle. Après avoir réglé par des essais, la direction et la distance, de manière à obtenir des amplitudes de déviation renfermées dans les limites que la table de réduction embrasse, on replace les écrans qui protégent la pile, et l'on attend que l'aiguille du galvanomètre soit revenue se fixer à l'état de repos, sur le zéro de sa division, laquelle doit avoir été tournée préalablement jusqu'à ce que cette coïncidence eût lieu.

Le repos établi, on abaisse les écrans; le rayonnement de la source parvient à la pile; l'aiguille est déviée et chassée, non pas brusquement, mais graduellement, jusqu'à un certain maximum d'écart que l'on observe, pour le convertir en déviation stable au moyen des tables de réduction précédemment préparées. Ainsi, sans attendre que cette stabilité s'établisse, on replace les écrans aussitôt que le maximum de déviation a eu lieu.

La déviation stable obtenue par le calcul, subit une seconde réduction, pareillement préparée d'avance, pour réduire les diverses amplitudes à exprimer des impressions calorifiques proportionnelles à leur étendue. Ces impressions éprouvées par la pile sont proportionnelles à l'élévation de température imprimée à celle de ses faces qui regarde la source rayonnante, conséquemment à la quantité absolue de chaleur rayonnée par la source sur la pile, dans les circonstances données d'état et de distance où l'observation a été faite. Ainsi réduites, les excursions ex-

trêmes deviennent des forces calorifiques, immédiatement comparables entre elles, et M. Melloni les appelle de ce nom. L'intensité de la transmission directe étant définie et mesurée de cette manière, M. Melloni interpose entre la pile et la source, une plaque diaphane, solide ou liquide, et d'ailleurs de nature quelconque. Au moment où les écrans sont abaissés, la pile éprouve encore une impression qui dévie l'aiguille du galvanomètre. Mais l'excursion première, et la déviation finale, sont toujours moindres qu'elles n'étaient dans la transmission directe. Pour analyser cet affaiblissement, suivons la marche de la chaleur rayonnée par la source depuis l'instant de son émission jusqu'à son incidence sur la pile. D'abord cette chaleur rencontre la première surface de la plaque sous l'incidence perpendiculaire, et elle subit alors une réflexion partielle qui l'affaiblit dans une certaine proportion. Le reste entre dans la plaque, s'y absorbe en partie, et en partie s'y propage. La portion échappée à l'absorption arrivant à la seconde surface de la plaque, y subit une nouvelle réflexion qui l'affaiblit encore; le reste sort de la plaque, rentre dans l'air, et va échauffer la pile en se mêlant peut-être, du moins on peut le craindre, avec le rayonnement propre des particules de la plaque, échauffée par la portion de chaleur qui s'y est absorbée. Si ce rayonnement propre formait une portion sensible de l'effet total que la pile éprouve, les déviations imprimées en conséquence à l'aiguille du galvanomètre, seraient évidemment l'expression composée d'une double action dont les éléments seraient très-difficiles à démêler. Mais, heureusement, M. Melloni prouve de la manière la plus

certaine qu'il n'en est jamais ainsi dans les circonstances de position et de distance où il opère.

D'abord on peut concevoir ceci par une appréciation approximative. Le rayonnement direct émané de la source parvient à la pile à travers les diaphragmes qui la lui découvrent, suivant des directions sensiblement rectilignes; de sorte que l'affaiblissement qui en résulte est uniquement celui qui provient des deux réflexions et de l'absorption réunies. Si l'absorption imprime une élévation de température aux molécules de la plaque interposée, cette élévation ne peut être jamais qu'infiniment faible, dans les circonstances où M. Melloni opère; peut-être s'élève-t-elle à peine à des millièmes de degré; or cette quantité déja si petite, lorsqu'elle dissipe une partie d'elle-même par le rayonnement, ne s'échappe pas seulement vers la pile, mais rayonne sphériquement dans tous les sens, de sorte que la pile n'en reçoit qu'un élément proportionnel à l'espace que sa très-petite face occupe sur la sphère concentrique à chaque point rayonnant : or, d'après les distances que M. Melloni établit toujours entre cette face et la plaque interposée, il est évident que la portion ainsi reçue par la pile n'est qu'une fraction infiniment petite de cette quantité, déja si petite elle-même, que la plaque a pu absorber. Par là on doit prévoir que l'effet ainsi exercé sur la pile par ce rayonnement secondaire des particules de la plaque interposée, ne doit avoir qu'une influence inappréciable sur les excursions que l'aiguille éprouve : aussi reste-t-elle insensible encore, même quand on l'agrandit dans une proportion peut-être centuple, comme M. Melloni le fait, soit en exposant d'abord la plaque pendant quelques instants à l'influence

calorifique de la source avec une distance beaucoup moindre, soit en la chauffant immédiatement elle-même par le contact des mains; car l'effet de la température propre, ainsi communiquée, étant observé à part indépendamment de la source directe, est nul sur l'aiguille, comme M. Melloni nous l'a fait voir. Mais au reste il achève d'établir ce résultat important par une preuve expérimentale complétement décisive. Ayant découvert la source calorifique et mesuré l'effet total qu'elle produit sur la pile à travers la plaque, sous l'incidence perpendiculaire, il incline celle-ci successivement de part et d'autre de la normale, sous des angles de quelques degrés, et il n'a aucun changement sensible dans la déviation : alors il replace la plaque sous l'incidence perpendiculaire; et, sortant la pile du cône de rayons que lui envoyait la source à travers les diaphragmes, il l'approche latéralement de la plaque à une distance qui peut être 4, 5, 6 fois moindre que la distance primitive; et en même temps il tourne la face de la plaque vers elle, de manière à la lui montrer plus directement. Or, dans cette disposition, qui rapproche tellement la plaque de la pile, et qui favorise si considérablement l'influence du rayonnement direct des particules, la pile ne manifeste absolument aucune impression, et l'aiguille se maintient invariablement fixe sur son zéro; du moins dans les limites de distance de la source, que M. Melloni a judicieusement choisies pour toutes ses expériences; car il est évident qu'il y aurait telle proximité exagérée de la source où la plaque s'échaufferait assez pour que son rayonnement propre fût sensible sur la pile. Mais il est évident aussi qu'alors les circonstances de l'expérience seraient extrêmement mal choisies; et, par les épreuves que nous venons de décrire, on peut assurer que

dans celles que M. Melloni a judicieusement adoptées, il ne se produit absolument aucun effet pareil d'une intensité appréciable; de sorte que, dans ces circonstances, la déviation éprouvée par l'aiguille du galvanomètre exprime bien certainement l'effet unique du rayonnement direct de la source sur la face de la pile qui lui est opposée : M. Melloni a donné plusieurs autres preuves de cette circonstance importante dans ses mémoires; mais nous nous en tenons aux précédentes, parce qu'elles nous paraissent suffire.

La déviation éprouvée par l'aiguille dans l'expérience que nous décrivons étant ainsi opérée uniquement par le rayonnement direct de la source à travers la plaque, on a ainsi la mesure isolée de cet effet; on peut donc en faire la comparaison pour les diverses substances à épaisseur égale, et pour la même substance à d'inégales épaisseurs. On voit ici s'ouvrir un vaste champ d'expériences, dont les résultats doivent avoir le plus haut intérêt, puisqu'ils nous dévoilent les caractères physiques de la chaleur rayonnante par les affections mesurables qu'elle manifeste quand elle est émise, réfléchie, réfractée, propagée, absorbée. Ce champ de découvertes, M. Melloni l'a exploité avec une sagacité, une adresse et une patience inimaginables. Il a été ainsi amené à mettre en évidence une foule de propriétés inconnues, inattendues, qu'on ne pouvait ni prévoir ni soupçonner d'avance, et qui forment maintenant l'ensemble le plus précieux de caractères sur la nature et les lois de la chaleur rayonnante.

D'abord, quelle que soit la nature des substances, lorsqu'on parvient à les réduire en lames très-minces, la chaleur rayonnée par toutes les sources calorifiques, quelle que soit leur nature, les traverse abondamment. Celles même qui, sous

des épaisseurs considérables, montrent les facultés d'absorption les plus inégales, par exemple l'eau, l'albumine, la gélatine, le verre, le cristal de roche, semblent perdre leur dissimilitude dans l'extrême minceur, de manière à converger vers une égalité de transmission commune, qui semble avoir pour bornes les seules pertes opérées par les deux réflexions aux deux surfaces des plaques, sous une épaisseur géométriquement nulle. Mais à mesure que l'épaisseur augmente, la diversité d'absorption des diverses substances pour une même source se manifeste, comme aussi la diversité d'absorption de la même substance pour les différentes sources; de sorte qu'alors se découvrent une multitude de phénomènes extraordinaires dont quelques-uns seulement étaient déja incomplétement connus ou soupçonnés, et qui tous ici pour la première fois sont fixés par des mesures précises qui permettent de reconnaître leurs lois calculables. Par exemple, la diversité de constitution des flux calorifiques témoignée par leur faculté d'absorption inégale dans une même substance, avait été remarquée précédemment; et leur mode d'extinction progressif avait été aussi entrevu, mais inexactement interprété, à cause du manque de mesures, et surtout d'expériences faites dans des circonstances comparables. Aujourd'hui, par les travaux de M. Melloni, la diversité de constitution des flux rayonnants est établie comme une généralité; et les particularités de cette constitution dans chaque flux sont appuyées par des effets précis, mesurés, qui en décèlent toutes les affections; de manière qu'on peut remonter de là numériquement jusqu'à la composition même des filets calorifiques, et l'exprimer par des formules mathématiques, comme on le verra dans la suite de ce rapport. Et l'action absorbante exercée sur ces flux par les

substances diverses, la manière dont elles les décomposent, dont elles se les approprient, offrent des phénomènes non moins importants, non moins extraordinaires. Des substances transparentes, telles que l'alun et le sel gemme, par exemple, qui semblent également diaphanes pour la lumière, présentent pour la transmission de la chaleur rayonnante la plus extrême inégalité : l'alun aminci autant que possible, arrêtant presque en totalité tous les rayonnements de quelque espèce qu'ils soient; et le sel gemme, au contraire, sous quelque épaisseur qu'on puisse physiquement l'observer, laissant passer toutes ces espèces quelconques de chaleur avec une facilité telle que l'affaiblissement qu'il y occasionne sous des épaisseurs très-différentes, ne varie pas sensiblement; en sorte que sa partie observable semble être uniquement celle que le flux éprouve dans ses deux réflexions à l'entrée et à la sortie des plaques. Par une singularité non moins étonnante, des substances colorées, enfumées, rembrunies, même des verres noirs opaques, assez épais pour éteindre complétement l'image du soleil dans la vision directe, transmettent la chaleur rayonnante incomparablement mieux que l'alun, qui est diaphane; de sorte que, sous ce rapport, on peut dire avec M. Melloni que, relativement à la chaleur, il n'y a pas proprement de coloration; la faculté de transmettre le rayonnement étant déterminée par la nature de chaque substance, sans aucun rapport apparent avec sa diaphanéité pour la lumière.

Pour pouvoir assigner ces différences, surtout pour pouvoir suivre et mesurer le progrès de l'extinction de la chaleur à travers diverses épaisseurs d'une substance donnée, il fallait se débarrasser d'un élément qui entre dans toutes les expériences de ce

genre que l'on peut faire ; et cet élément c'est la perte de chaleur opérée aux deux surfaces de chaque plaque par les réflexions partielles qui s'y produisent. En effet, on conçoit que chaque transmission observée étant retranchée de la quantité incidente, la différence exprime la somme des pertes opérées à la fois par la réflexion aux deux surfaces de la plaque, et par l'absorption exercée dans son intérieur. Le premier de ces deux effets entre donc pour une part égale dans les inégales transmissions observées pour chaque substance à travers des plaques de diverses épaisseurs, lorsqu'elles ont un poli pareil ; et, comme on le verra plus loin, il entre aussi pour la même quantité exactement dans chacune des inégales transmissions opérées ainsi par des substances diverses. Cet élément reste-t-il constant ou est-il variable, selon les diverses qualités de chaleur émanées de sources diverses ? C'est encore là une question à examiner ; et avant de l'avoir résolue, il était impossible non seulement d'assigner, mais même de chercher à découvrir le progrès de l'extinction aux diverses profondeurs d'une même substance. A la vérité, si l'on en jugeait d'après ce qui s'observe dans la lumière, les pertes opérées ainsi par les deux réflexions sous l'incidence perpendiculaire, pourraient être présumées fort petites ; mais les expériences de M. Melloni, que nous avons rapportées plus haut, et beaucoup d'autres propriétés analogues qu'il a également publiées dans ses mémoires, montrent que cette induction tirée de la lumière à la chaleur rayonnante, serait souvent très-hasardeuse : aussi M. Melloni s'est-il judicieusement attaché à déterminer expérimentalement la proportion exacte que cette perte, produite par les deux réflexions, peut avoir avec la quantité totale de la chaleur inci-

dente, et il y est parvenu heureusement par des expériences que nous allons rapporter.

Il a d'abord établi que, si une certaine quantité de chaleur rayonnante que nous prendrons pour unité, émanant d'une source parfaitement constante, est transmise perpendiculairement à travers une plaque de sel gemme à surfaces polies et parallèles, la quantité émergente est toujours 0,923, quelle que soit la nature de la source calorifique; et, ce qui est plus singulier encore au premier coup d'œil, ce nombre 0,923 se présente encore le même, quelle que soit l'épaisseur de la plaque de sel, depuis la lame la plus mince que l'on en puisse obtenir, jusqu'à plusieurs centimètres d'épaisseur. Toutefois ceci ne veut pas dire que l'épaisseur plus ou moins grande et indéfinie des plaques de sel gemme n'ait nul effet pour augmenter l'extinction; mais seulement que, *pour le sel gemme,* ce progrès d'extinction est insensible entre les limites d'épaisseur dont il s'agit; d'où semble résulter naturellement que, pour une épaisseur infiniment petite ou même géométriquement nulle, la perte serait encore le complément de 0,923 à l'unité, c'est-à-dire 0,077; et comme l'effet particulier de l'absorption serait nul dans ce cas limite, ces 0,077 exprimeraient la perte totale que les plaques, du moins les plaques de sel gemme, éprouvent par l'ensemble des deux réflexions, lorsque la chaleur rayonnante les frappe perpendiculairement.

Cependant cette conclusion ne serait pas rigoureuse, ne serait pas même admissible, si elle n'était justifiée par d'autres faits, que M. Melloni a également découverts. En effet, il se déduit généralement de ses expériences, que lorsqu'une cer

taine quantité de chaleur rayonnante émanée de toute espèce de source obscure ou lumineuse, pénètre une plaque de nature quelconque, cette chaleur se trouve intérieurement partagée en une infinité de filets, dont les intensités relatives, ainsi que les lois propres de transmission, diffèrent selon la nature de la source et celle des plaques; mais en offrant cependant toujours ce caractère commun et remarquable, qu'une première classe de ces filets, comprenant quelquefois une portion considérable de la chaleur introduite, s'absorbe avec une très-grande rapidité, et s'éteint bientôt, tandis que le reste se prolonge et reste encore sensible à des épaisseurs souvent fort considérables, en suivant une loi d'extinction si lente, et si peu différente pour les filets divers, qu'il faut les suivre très-loin pour la distinguer d'une simple progression géométrique commune à toute cette seconde partie du flux total. On pourrait donc concevoir que, dans le sel gemme, la loi particulière d'absorption de la première classe de filets fût si rapide qu'ils se trouvassent toujours éteints aux moindres épaisseurs où l'on puisse physiquement réduire les lames de cette substance, d'autant que sa fragilité ne permet pas de rendre ces épaisseurs très-petites. Alors, dans toutes les plaques observables de sel gemme, ce serait seulement le flux à absorption lente qui se transmettrait au dehors, et il serait très-possible que la lenteur de son extinction ne donnât pas, entre les quantités transmises par ces plaques, de différence sensible aux épaisseurs limitées où on les obtient. Dans cette supposition, la perte commune à toutes les plaques de sel gemme observées, ne serait pas l'expression des deux réflexions seulement, mais de l'ensemble des pertes dues à ces deux réflexions, plus à la portion du flux total qui subirait l'extinction rapide.

Heureusement d'autres phénomènes découverts par M. Melloni excluent cette interprétation. D'abord elle aurait contre elle une analogie générale ; car dans toutes les autres substances la proportion d'intensité relative des deux flux est excessivement variée et inégale, selon la nature de la source rayonnante ; tandis qu'ici, pour le sel gemme, cette variété devrait se changer en identité, puisque les intensités des deux flux y devraient conserver toujours entre elles la même proportion. Il serait bien plus naturel de renverser l'argument ; et, en considérant l'égalité absolue des pertes opérées par les plaques de sel gemme sur toutes les sortes de chaleurs rayonnantes, d'en conclure que cette perte constante provient alors des seules réflexions, et que le flux à absorption rapide n'a dans cette espèce de plaque qu'une intensité relative nulle ou insensible. Des preuves directes très-variées, que M. Melloni a obtenues par l'expérience, confirment complétement cette dernière interprétation. Mais, pour en voir toute la force, il faut en exprimer ici le détail par le calcul.

Définition générale des flux calorifiques rayonnants. Loi de leur réflexion, et de leur absorption successive.

Nous avons déja plusieurs fois remarqué que les flux calorifiques rayonnants développés par les procédés habituels contiennent généralement des rayons de qualités diverses, quant à leur faculté d'être absorbés ou transmis. Conséquemment, lorsqu'un pareil flux traverse une plaque d'une certaine nature, que nous supposerons homogène dans sa faculté absorbante, la manière la plus générale de le concevoir, c'est de le considérer depuis son entrée dans la plaque, comme com-

posé d'un nombre quelconque de filets calorifiques ayant des intensités diverses, et soumis chacun à une loi d'absorption propre, commune pour toutes ses parties, mais différente d'un filet à un autre. Tant qu'on ne particularise pas ces intensités ni ces lois d'absorption, il est évident que la définition est générale et comprend toutes les constitutions possibles de flux calorifiques transmis.

Un tel filet dont toutes les parties suivent dans la même plaque une loi d'absorption commune, sera ce que nous appellerons un filet simple *pour cette plaque-là*. La restriction ajoutée ici est nécessaire; car tel assemblage de rayons calorifiques peut être simple pour le cristal de roche et ne l'être pas pour le verre, de manière à s'y subdiviser en filets d'inégale absorption; et, en effet, l'expérience, comme on le verra par la suite, nous apprend que les choses ont lieu ainsi.

Cela posé, considérons dans l'intérieur de la plaque un filet simple quelconque, et représentons par i_0 la quantité primitive de chaleur rayonnante par laquelle il a été originairement produit. Cette quantité i_0, avant de pénétrer la plaque, a d'abord subi extérieurement à sa première surface une réflexion partielle qui l'a affaiblie dans une certaine proportion que nous désignerons par R_1, de sorte que $i_0 R_1$ est la quantité qui s'est réfléchie; la portion introduite dans la plaque est donc $i_0 - i_0 R_1$ ou $i_0 (1 - R_1)$, et c'est seulement sur cette seconde portion que s'exerce la faculté absorbante. Maintenant, soit x l'épaisseur de la plaque, et concevons que sur une quantité 1 de cette même espèce de chaleur dont le filet intérieur se compose, il doive s'en transmette $\varphi(x)$, φ représentant une certaine fonction inconnue de l'épaisseur dépendante de la transmissibilité propre de la plaque pour l'espèce

particulière de chaleur que nous considérons. D'après cela, quand le filet se présentera intérieurement à la seconde surface de la plaque, son intensité se trouvera réduite à $i_0(1-R_1)\varphi(x)$. Alors, si l'on représente par R_2 la nouvelle proportion que la réflexion partielle intérieure lui enlève encore, il sera réduit après son émergence à $i_0\,(1-R_1)\,(1-R_2)\,\varphi(x)$; et ce sera là réellement l'intensité finale que les observations feront connaître.

Concevons maintenant que ce même filet, ainsi affaibli dans son intensité, mais permanent dans ses qualités physiques, rencontre, toujours perpendiculairement, une seconde plaque de même nature que la première, d'un poli égal, mais d'une épaisseur quelconque différente x_1. Tous les rayons calorifiques qui composent le filet affaibli éprouveront de la part de cette seconde plaque exactement la même succession d'effets que l'intensité primitive i_0 avait éprouvée de la première; et par conséquent après son émergence de la seconde plaque, l'intensité $i_0\,(1-R_1)\,(1-R_2)\varphi(x)$ se trouvera réduite à $i_0\,(1-R_1)^2(1-R_2)^2\,\varphi x.\varphi x_1$; et ce sera là encore l'intensité finale que les observations mesureront.

Toutefois ce mode de raisonnement introduit tacitement deux suppositions qu'il convient de mettre à nu, et de confirmer par l'expérience.

La première, c'est d'admettre que le filet affaibli par son passage dans la première plaque éprouve dans ses deux réflexions perpendiculaires sur les surfaces de la seconde, des pertes proportionnelles à celles que ses deux premières réflexions également perpendiculaires sur la première plaque lui avaient fait précédemment éprouver. Ceci est en effet conforme à la parfaite égalité de déperdition que toutes les espè-

ces quelconques de flux rayonnants, directs ou transmis, éprouvent par les réflexions perpendiculaires dans la substance où il est possible d'observer immédiatement leurs pertes isolées, c'est-à-dire dans le sel gemme; et nous rapporterons plus loin des expériences qui montrent la même permanence de proportion pour les substances de nature différente lorsque leurs surfaces ont pareillement reçu le poli spéculaire. On a en outre ici une analogie puissante avec la lumière dont les rayons de toute nature éprouvent des proportions de pertes exactement égales dans les réflexions perpendiculaires, comme le montre l'identité des couleurs des faisceaux incidents et réfléchis.

La seconde supposition tacitement enveloppée dans notre calcul, c'est que le filet calorifique qui était simple dans la première plaque demeure pareillement simple dans la seconde plaque de même nature, où toutes ses parties se trouvent encore soumises à une loi d'absorption commune, la même qu'elles suivaient dans la première plaque lorsque leur ensemble était plus abondant. Outre que cette permanence de la loi d'absorption pour le même filet, dans la même substance, est physiquement la condition la plus naturelle que l'on puisse concevoir, elle a pour elle ce fait que, lorsqu'un même flux est ainsi transmis consécutivement dans deux plaques de même nature et d'épaisseurs relativement quelconques, le flux qui sort de la seconde plaque se trouve invariablement identique en intensité comme en qualité, quel que soit l'ordre de succession dans lequel les deux plaques ont été traversées; et cette identité s'observe également dans les permutations arbitraires d'un nombre quelconque de plaques de même nature. Ceci semble bien indiquer que chaque filet arrivé à

la seconde plaque, puis de là à la troisième, à la quatrième, se comporte dans toutes exactement comme il avait fait dans la première, sauf l'affaiblissement absolu qui a été opéré successivement dans son intensité. Cette identité du flux émergent dans toutes les permutations des plaques qui l'ont transmis, s'observe même quand elles sont de nature différente; quoique sans doute, dans ce cas, les filets émergents qui ont été simples dans les unes ne le soient pas nécessairement dans les autres, et s'y subdivisent généralement en parties qui subissent alors d'inégales absorptions. L'invariable permanence du flux émergent, malgré ces subdivisions et ces permutations successives, indique donc que, dans ces cas du moins, chaque filet calorifique qui a été simple dans une plaque quelconque, reprend généralement, ou, pour mieux dire, conserve après son émergence ses qualités physiques originelles, et se subdivise ou ne se subdivise pas dans les plaques suivantes exactement comme il aurait fait s'il se fût présenté originairement avec son intensité réduite pour traverser chacune d'elles avant d'en avoir traversé aucune autre. D'après cela, si la seconde plaque traversée par le flux est de même nature que la première, chaque filet calorifique qui a été simple dans celle-ci, continuera de l'être dans la suivante; et son intensité s'y étendra progressivement selon la même loi, comme ferait, à intensité égale, un flux de même nature, immédiatement émis. C'est là précisément ce que nous admettons pour les plaques d'une seule et même nature dans la formule établie plus haut pour exprimer l'intensité d'émergence de chaque filet qui en a traversé deux successivement.

Maintenant appliquons séparément cette formule à tous les filets en nombre quelconque qui dérivent d'un flux com-

posé primitif tel que nous les produisons par nos moyens physiques habituels. L'intensité réduite de ce flux, après qu'il aura traversé les deux plaques d'une même nature ayant les épaisseurs x, x_1, sera formée par la somme des intensités de tous les filets émergents simples. Ainsi, en faisant usage du signe $\sum$ pour indiquer cette sommation, si l'on désigne par I_{x, x_1} l'intensité émergente totale, on aura

$$I_{x, x_1} = (1 - R_1)^2 (1 - R_2)^2 \sum i_0 \varphi x . \varphi x_1 .$$

Le produit $(1 - R_1)^2 (1 - R_2)^2$ sort du signe $\sum$ parce qu'il est un facteur commun à toutes les intensités des filets émergents.

A présent, supposons que la même quantité primitive de chaleur rayonnante, physiquement composée de la même manière, en un mot que le même flux calorifique soit transmis immédiatement à travers une seule plaque de nature pareille aux précédentes, mais dont l'épaisseur soit égale à leur somme, c'est-à-dire à $x + x_1$; et désignons par I_{x+x_1} l'intensité totale du flux émergent. En appliquant à ce cas notre formule, on aura

$$I_{x+x_1} = (1 - R_1)(1 - R_2) \sum i_0 \varphi (x + x_1);$$

l'intensité primitive i_0 de chaque filet simple étant la même de part et d'autre, ainsi que leur nombre et la forme de la fonction φ.

Dans une telle disposition de choses, lorsque M. Melloni mesure les intensités totales $I_{x x_1}$, I_{x+x_1} du flux émergent,

les nombres qu'il obtient donnent toujours, comme on le verra tout à l'heure,

$$I_{x\,x_1}=(1-R_1)(1-R_2)\,I_{x+x_1},$$

d'où résulte nécessairement

$$\sum i_0\,\varphi(x+x_1)=\sum i_0\,\varphi x\,.\,\varphi x_1. \qquad (1)$$

Ceci a lieu pour toutes les espèces de flux rayonnants que l'on peut produire, et pour toutes les espèces de plaques que l'on peut accoupler, *pourvu qu'elles soient de même nature dans chaque comparaison,* conformément à la disposition expérimentale que nous considérons ici spécialement. Et, en outre, la même relation se généralise quand au lieu de deux plaques on en assemble un nombre quelconque, *toujours de nature pareille,* que l'on fait traverser successivement par un même flux. Car alors, en représentant l'intensité du flux émergent total par $I_{x\,x_1\ldots x_n}$; et par $I_{x+x_1+x_n}$ celle du même flux transmis à travers une seule plaque continue ayant pour épaisseur $x+x_1\ldots\ldots+x_n$; on aura évidemment, selon notre notation,

$$I_{x\,x_1\ldots x_n}=(1-R_1)^{n+1}(1-R_2)^{n+1}\sum i_0\,\varphi x.\,\varphi x_1\ldots\varphi x_n,$$

$$I_{x+x_1\ldots x_n}=(1-R_1)(1-R_2)\sum i_0\,\varphi(x+x_1\ldots+x_n).$$

Or, quand M. Melloni mesure les intensités absolues des flux émergents $I_{x\,x_1\ldots x_n}$, $I_{x+x_1\ldots+x_n}$, on trouve toujours, d'après ses nombres,

$$I_{x x_1 \ldots x_n} = (1-R_1)^n (1-R_2)^n I_{x+x_1 \ldots + x_n},$$

d'où résulte nécessairement

$$(2) \qquad \sum i_0 \varphi (x+x_1 \ldots + x_n) = \sum i_0 \varphi x \varphi x_1 \ldots \varphi x_n.$$

Dans chacune de ces équations (1) et (2), le nombre des i_0 est le même dans les deux membres, et égal au nombre des filets simples engendrés par le flux rayonnant primitif que l'on a employé. Les valeurs numériques des i_0 sont aussi égales de part et d'autre pour chaque filet; et enfin, pour chacun d'eux les formes de la fonction φ sont pareilles, pouvant d'ailleurs varier arbitrairement d'un filet à un autre. Or, les égalités dont il s'agit subsistent quelle que soit l'espèce particulière du flux employé, et quelle que soit la nature propre des plaques où on le transmet, pourvu que cette nature soit pareille dans chaque assemblage de plaques que l'on compare à leur somme. De là il résulte que les égalités dont il s'agit ne peuvent s'opérer par aucune relation accidentellement établie entre les épaisseurs $x x_1 \ldots x_n$ des plaques, ou entre les intensités primitives i_0 propres aux différents filets simples, non plus qu'entre les valeurs particulières des fonctions φ qui règlent leur mode d'absorption. Il faut donc, pour conserver l'indépendance de ces éléments, que ces égalités se trouvent satisfaites d'elles-mêmes pour chaque filet simple, indépendamment de sa relation avec tous les autres, en vertu des formes propres de la fonction φ, c'est-à-dire que l'on doit avoir séparément pour chaque filet simple :

$$\varphi (x + x_1) = \varphi x . \varphi x_1,$$

et même, plus généralement,

$$\varphi(x + x_1 .... + x_n) = \varphi x . \varphi x_1 .... \varphi x_n,$$

le nombre des plaques assemblées étant quelconque.

Or l'un de nous, M. Poisson, a depuis bien long-temps démontré que la première de ces deux équations ne peut subsister avec la complète indépendance des variables x et x_1, qu'en attribuant à la fonction φ la forme exponentielle; c'est-à-dire en admettant

$$\varphi x = a^x,$$

a étant une constante numérique quelconque indépendante de x; et il est visible que, par cette forme, la seconde équation se trouve également satisfaite sans altérer l'indépendance des variables qu'elle contient.

Ceci nous apprend donc que chaque filet simple qui traverse une même plaque s'y absorbe suivant une certaine progression géométrique dont la raison dépend à la fois de la nature de la plaque et de la qualité des rayons calorifiques dont le filet est composé. Cette loi est celle que l'on admet ordinairement pour l'absorption progressive de la lumière à travers les milieux diaphanes; mais elle ne doit y être vraie non plus qu'en supposant la lumière dont il s'agit homogène quant à sa faculté d'être absorbée; ou en la décomposant par la pensée en filets doués d'une telle homogénéité, et appliquant à chacun d'eux une progression géométrique particulière, comme nous venons de voir qu'il faut le faire pour les flux calorifiques rayonnants.

Les épreuves expérimentales qui viennent de nous prouver la constance de la base exponentielle a pour un même filet calorifique, aussi long-temps qu'il se transmet dans une même substance, ne nous indiquent point ce qui lui arrive lorsqu'il passe d'une substance à une autre. Mais la permanence d'intensité du flux émergent dans cette seconde circonstance, malgré les permutations de rang que l'on peut faire subir aux plaques assemblées, généralise la notion précédente, en nous montrant que, dans les expériences de M. Melloni du moins, chaque filet calorifique sorti de chaque plaque se retrouvait avec ses propriétés originelles, sans autre changement que celui de son intensité; de sorte qu'en arrivant à la plaque suivante, le flux total, ainsi réduit, se comportait comme s'il eût été naturellement émis avec cette intensité plus faible, et que la plaque dont il s'agit lui eût été présentée immédiatement.

Ces principes établis, je passe à l'exposé des expériences de M. Melloni sur la réflexion aux deux surfaces des plaques différentes du sel gemme.

M. Melloni transmit le rayonnement d'une lampe Locatelli à travers une plaque de verre dont l'épaisseur mesurée au sphéromètre était 8^{mm},2743. Le flux à absorption rapide engendré par cette espèce de source rayonnante est depuis long-temps éteint dans le verre à une telle épaisseur. Il n'en sort donc plus alors que du flux à absorption lente. Aussi, en plaçant successivement derrière cette plaque des lames de sel gemme, de verre, ou de cristal de roche, ces deux dernières, assez minces pour que la portion du flux lent qui pouvait s'y absorber fût insensible, les quantités de cette chaleur qui s'y transmettaient furent sensiblement égales

entre elles et à 0,923, en prenant pour unité la quantité de chaleur sortie de la plaque épaisse de verre. Voici les observations mêmes telles que M. Melloni nous les a communiquées :

	Quantité de chaleur transmise à la pile.
Transmission directe par la plaque de verre 8$^{m.}$,2743 à la pile.	100
Interposé une plaque de sel gemme....................	92,30
Substitué une plaque de cristal de roche, épaisseur 0$^{mm.}$,517.	92,29
Substitué une plaque de verre, épaisseur 0$^{mm.}$,574.........	92,30

Ici l'égalité des résultats ne laisse pas de doute. La nature très-peu absorbable du flux transmis par la première plaque permet de négliger les quantités à peine appréciables de ce flux, qui s'éteignent dans les deux plaques minces de verre et de cristal de roche placées à la suite; de sorte que l'effet des deux réflexions s'y montre seul. Cette même plaque mince de verre, ayant pour épaisseur 0,517, aurait agi bien autrement sur la chaleur directement émanée de la source, parce qu'elle s'en serait approprié une forte partie sous forme de flux rapide, et l'aurait éteint.

Peut-être voudrait-on supposer que cette constance de la réflexion tient ici à la nature particulière du flux qui se transmettait seul à travers les plaques. Voici d'autres expériences de M. Melloni qui excluent cette supposition : il a pris six plaques de verre dont les épaisseurs, mesurées au sphéromètre, étaient 0$^{mm.}$,575 ; 0$^{mm.}$,819 ; 1$^{mm.}$,094 ; 1$^{mm.}$,601 ; 1$^{mm.}$,974 ; 2$^{mm.}$,097; formant ensemble un total de 8$^{mm.}$,159, conséquemment presque égal à la plaque de 8$^{mm.}$,2743 qui avait servi

aux expériences que nous venons de rapporter. La petite différence $0^{mm.},11$ ne peut produire dans le verre, à cet ordre d'épaisseur, qu'une diminution presque insensible sur le flux à absorption lente émané de la lampe Locàtelli. M. Melloni a exposé successivement ces deux systèmes, le multiple et le simple, au rayonnement d'une pareille lampe maintenue dans un état constant, qui était encore rendu plus comparable par des successions d'observations alternées. Voici quels ont été les résultats :

	Quantité de chaleur transmise à la pile.
Rayonnement libre de la lampe........................	39,66
Interposé la plaque de verre, épaisseur $8^{mm.},274$............	23,35
Substitué le système des six plaques, épaisseur totale $8^{mm.},159$..	15,11

Avant de calculer ces résultats, j'en rapporterai d'autres analogues sur le cristal de roche taillé perpendiculairement à l'axe de double réfraction.

Il y avait d'abord une première plaque dont l'épaisseur mesurée au sphéromètre était $8^{mm.},122$. C'est beaucoup plus qu'il ne faut pour éteindre le flux à absorption rapide dans le cristal de roche. M. Melloni mesura la transmission immédiate du rayonnement de la lampe Locatelli à travers cette plaque; puis, le flux émergent qui en sortait fut transmis encore à travers une autre plaque du même cristal, ayant pour épaisseur $1^{mm.},174$. Voici quels furent les résultats :

	Quantité de chaleur transmise à la pile.
Rayonnement émergent de la plaque de cristal de roche, épaisseur 8mm.,122	100
Interposé la plaque de cristal de roche, épaisseur 1mm.,174 . . .	92,11

Ce résultat est pareil à ceux que l'on a déja rapportés, et l'on y voit revenir de même le nombre 0,921, dont le complément 0,079 exprime la perte produite par l'ensemble des deux réflexions. Maintenant, M. Melloni prit six plaques de cette même espèce de cristal, dont les épaisseurs étaient 0,359; 0,527; 0,818; 1,175; 1,933; 3,792; formant ensemble 8mm.,604, en sorte que la différence de ce système avec la plaque unique 8mm.,122 était à peine appréciable pour l'absorption du flux lent du cristal de roche qui seul émergeait de l'épaisseur de 8 millimètres. Voici quels ont été les résultats observés :

	Quantité de chaleur transmise à la pile.
Rayonnement libre de la lampe	39,39
Interposé la plaque de cristal de roche, épaisseur 8mm.,122 . . .	27,72
Interposé le système des six plaques, épaisseur totale 8mm.,604 . . .	18,13

Calculons maintenant ces résultats. Pour le faire, nous pouvons négliger la petite différence d'épaisseur qui existe dans chaque espèce de plaque entre le système multiple et la plaque simple de même nature à laquelle on le compare; car des différences de cet ordre ne produisent que des variations presque insensibles sur l'intensité du flux lent qui sort du

verre et du cristal de roche à de telles épaisseurs. Cela posé, nous avons d'une part dans chaque système une plaque simple dont l'épaisseur est $x + x_1 + \dots x_5$, et qui doit transmettre la quantité de chaleur

$$I_{x+x_1+\dots x_5} = (1-R_1)(1-R_2)\sum i_0 \varphi(x+x_1+\dots x_5),$$

D'une autre part, nous avons un ensemble de six plaques de même nature produisant *douze réflexions* successives au lieu de deux, et devant conséquemment transmettre la quantité de chaleur

$$I_{x x_1 \dots x_5} = (1-R_1)^6 (1-R_2)^6 \sum i_0 \varphi x . \varphi x_1 \dots \varphi x_5.$$

Maintenant, selon la loi que nous avons annoncée, on doit avoir :

$$I_{x . x_1 \dots x_5} = (1-R_1)^5 (1-R_2)^5 I_{x+x_1+\dots x_5},$$

et puisque les transmissions simples et multiples ont été observées, on doit, si la loi est véritable, tirer de chacune de ces équations pour le verre et le cristal de roche, le même produit $(1-R_1)(1-R_2)$, lequel devra se trouver égal à 0,923, comme on le déduit des observations immédiates faites sur la réflexion du flux lent par les lames minces. Or, en effet, en faisant ce calcul avec les nombres rapportés ci-dessus, on trouve:

	Perte opérée par l'ensemble des deux réflexions, intérieure et extérieure.
Pour le verre $(1-R_1)^5(1-R_2)^6 = \frac{15,11}{23,35}$;	
d'où $(1-R_1)(1-R_2) = 0,916$	$1-0,916=0,084$
Pour le cristal de roche $(1-R_1)^5(1-R_2)^5 = \frac{18,13}{27,73}$;	
d'où $(1-R_1)(1-R_2) = 0,919$	$1-0,919=0,081$

La perte opérée par l'ensemble des deux réflexions extérieure et intérieure se retrouve donc sensiblement la même dans ces deux substances, lorsqu'on parvient ainsi à la conclure indépendamment des pertes opérées par l'absorption; et en outre, les transmissions complémentaires ainsi déduites pour l'épaisseur zéro se trouvent extrêmement peu différentes du nombre 0,923 que M. Melloni trouve directement, par les transmissions des plaques simples. Toutefois l'évaluation directe 0,923 doit être préférée comme plus exacte; ne fût-ce qu'à cause des petites différences d'épaisseur que nous avons négligées dans les comparaisons des systèmes multiples aux systèmes simples. D'ailleurs, indépendamment de la réflexion spéculaire que l'on avait ici en vue de mesurer, il doit vraisemblablement se produire à chaque surface une réflexion partielle rayonnante dépendante de l'imperfection du poli des surfaces, comme cela a lieu pour la lumière; et l'effet de cette cause additionnelle se multipliant avec le nombre des plaques dans les systèmes multiples, pour peu que quelqu'une d'entre elles offre la moindre infériorité de poli, ou de netteté comparativement aux plaques simples, la transmission pour l'épaisseur zéro s'en trouvera comparativement affaiblie. Quoique cette influence de l'état plus ou moins poli des surfaces sur la quantité absolue de la réflexion fût très-naturelle à concevoir, M. Melloni l'a constatée par des expériences directes analogues à celles qu'il avait faites sur les surfaces polies. Il a pris deux plaques de verre d'épaisseur à peu près égale, l'une polie, l'autre dépolie, et il les a exposées successivement au rayonnement de la lampe Locatelli, préalablement transmis à travers une plaque de verre poli, épaisse de $8^{mm.}$,274, laquelle ne laissait passer derrière elle que du flux

lentement absorbable pour le verre. Voici les résultats qui offrent d'abord les transmissions directes, puis successives :

	Quantité de chaleur transmise à la pile.
Verre poli, épaisseur 8m.,274 (seul)........................	51,68
Verre poli, épaisseur 6m.,204 (seul)........................	53,01
Verre dépoli, épaisseur 6mm.,455 (seul)....................	21,32
Les deux verres polis, épaisseur 8m.,274 et 6m.,204 (ensemble).	43,99
Le verre poli, ép. 8mm.,274, et le dépoli, ép. 6mm.,455 (ensemble).	17,69

L'influence du dépoli se manifeste déja évidemment dans les transmissions directes; mais elle est bien plus incontestablement établie encore dans les transmissions successives où la petite différence d'épaisseur des deux verres postérieurs, le poli et le dépoli que l'on compare, ne peut avoir qu'une influence presque insensible pour produire une différence dans l'absorption du flux lent qui leur est présenté. Pour mettre ceci dans tout son jour, il n'y a qu'à représenter par 100 la quantité absolue de chaleur transmise par le verre poli antérieur, laquelle est exprimée dans le tableau par le nombre 51,68. Puis, traduisant proportionnellement les nombres 43,99 et 17,69 qui expriment les transmissions des deux verres postérieurs, le poli et le dépoli, on trouvera :

	Transmissions du flux émané du verre antérieur.
Verre poli postérieur, épaisseur 6m.,204...........	85,12
Verre dépoli postérieur, épaisseur 6mm.,455.........	34,23

Ici, l'effet du dépoli pour accroître la perte produite par la réflexion, se montre sans incertitude, par l'extrême inégalité des deux transmissions ; mais on ne pourrait pas en déduire immédiatement la mesure de cette influence, parce que la grande épaisseur des deux verres comparés produit une absorption absolue sensible, même sur le flux à absorption lente qui émane du verre antérieur. C'est pour cela que la quantité de ce flux qui passe à travers le verre poli postérieur se trouve exprimée ici par 85, tandis que l'on aurait obtenu 92,3 si cette plaque eût été assez mince pour ne pas opérer une absorption sensible du flux qui la traversait.

Les résultats qui précèdent suffisent sans doute pour achever de montrer que le nombre 0,077 complémentaire de 0,923 est bien réellement la perte produite par l'ensemble des deux réflexions dans le verre et le cristal de roche lorsque leurs surfaces sont polies ; et ainsi nous pouvons employer ce résultat comme certain. Or il est d'un usage extrêmement utile pour la recherche de $\varphi(x)$ d'après les observations de transmission faites à travers des plaques de diverses épaisseurs et d'une même nature. Car les résultats individuels de ces observations présentent les valeurs du produit complexe $(1-R_1)(1-R_2)\Sigma i_0 \varphi(x)$ pour chaque épaisseur connue x à laquelle l'observation a été faite : en y joignant le résultat général que nous venons d'établir sur la valeur isolée du facteur $(1-R_1)(1-R_2)$, égal en moyenne à 0,923 lorsqu'on prend pour unité la quantité de chaleur Σi_0 extérieurement incidente, on aura réellement le même avantage que si l'on avait pu physiquement pousser les observations jusqu'à l'épaisseur infiniment petite à laquelle aucune absorption n'aurait lieu. Ou, en d'autres termes, il n'y a qu'à prendre les résultats bruts immédiatement observés sans les corriger

de la réflexion : ce seront autant de valeurs du produit composé $(1-R_1)(1-R_2)\Sigma i_0 \varphi(x)$; et le nombre $0,923 \Sigma i_0$ sera la valeur du même produit pour le cas de $x=0$; ce qui donnera $\varphi(0)=1$ pour une des conditions de $\varphi(x)$, relativement à chaque filet calorifique introduit.

On voit en outre que les résultats des transmissions ainsi extérieurement observés pour chaque plaque, n'exprimeront pas les quantités de chaleur qui l'auront traversée intérieurement, mais qu'ils donneront ces mêmes quantités affectées du facteur commun $(1-R_1)(1-R_2)$, c'est-à-dire affaiblies dans le rapport de 0,923 à 1 comparativement à leur valeur réelle, qui serait $\Sigma i_0 \varphi(x)$ s'il n'y avait pas de réflexion. En conséquence, si l'on veut connaître isolément cette quantité intérieure elle-même, en parties de la quantité de chaleur initialement introduite, il faudra restituer aux transmissions extérieurement observées les pertes que les deux réflexions y ont produites, c'est-à-dire les diviser par le facteur commun $0,923 \Sigma i_0$. Mais cette réduction ne sera pas nécessaire à effectuer pour découvrir et constater les lois physiques de la transmission; car, puisque les résultats extérieurs en sont exprimés par le produit $(1-R_1)(1-R_2)\Sigma i_0 \varphi(x)$, il n'y a qu'à les construire ou les comparer entre eux immédiatement tels que l'observation les donne, pour chaque plaque simple, en parties de l'unité de chaleur extérieurement incidente, et considérer le nombre 0,923 comme exprimant dans ces comparaisons la quantité de chaleur qui serait extérieurement transmise par une plaque simple dont l'épaisseur serait mathématiquement zéro. Si l'on désire ensuite obtenir spécialement les quantités de chaleur intérieurement transmises, il suffira de diviser tous ces résultats par 0,923.

Enfin, si l'on voulait connaître individuellement la perte de

chaleur séparément opérée par chacune des deux réflexions, en supposant que leur proportion fût la même, il n'y a qu'à faire $R_2 = R_1$, ce qui donnerait $1 - R = \sqrt{0,923} = 0,9607$; et par suite $R = 0,0393$; c'est-à-dire que chaque réflexion produirait un affaiblissement de la chaleur incidente peu différent de $\frac{1}{25}$. C'est aussi à peu près ce que l'on suppose pour la lumière dans les opinions les plus accréditées.

Nous avons rapporté plus haut le fait important que M. Melloni a constaté généralement sur tous les systèmes des plaques multiples; savoir, que l'intensité de leur transmission totale est toujours constante, quel que soit l'ordre suivant lequel on dispose les plaques dont ils sont formés. Cette constance est aussi un résultat nécessaire de la constitution que nous avons assignée aux flux calorifiques, et des lois de transmission auxquelles nous avons trouvé que leurs filets sont assujettis. En effet, considérons d'abord un système composé seulement de deux plaques A et B de nature différente, et supposons que A soit exposée la première au rayonnement d'une source donnée. Parmi tous les filets calorifiques qui se propagent dans A, isolons-en par la pensée *un quelconque,* dont toutes les parties suivent, dans cette plaque, une certaine loi d'absorption commune, exprimée par l'exponentielle a^x. Ce filet proviendra primitivement d'une certaine quantité de chaleur extérieurement incidente que nous désignerons généralement par i_0 et qui aura la propriété de suivre une même loi d'absorption dans la plaque A. Alors, en représentant par X l'épaisseur de la plaque, et par R_1, R_2, les proportions de la réflexion à ses deux surfaces, le filet incident i_0 deviendra d'abord $i_0 (1 - R_1)$ après sa première réflexion partielle, puis $i_0 (1 - R_1) a^X$ après avoir traversé la

plaque ; et enfin, subissant une seconde réflexion intérieure sur la surface d'émergence, il sortira avec l'intensité réduite $i_0(1-R_1)(1-R_2)a^x$. Maintenant ce filet réduit ne restera pas simple en traversant la seconde plaque B que nous supposons généralement de nature différente de A ; et il s'y partagera en un certain nombre quelconque de nouveaux filets d'intensités diverses, assujettis chacun à une loi d'absorption propre, exprimées par autant d'exponentielles différentes α_1^x, α_2^x, α_3^x, etc. Or, quelles que soient les proportions de ces divers filets intérieurs dans B, comme en somme ils proviennent tous extérieurement de $i_0(1-R_1)(1-R_2)a^x$, on peut représenter respectivement les intensités particulières dont ils dérivent par autant d'indéterminées nouvelles, de la forme $i_1(1-R_1)(1-R_2)a^x$; $i_2(1-R_1)(1-R_2)a^x$.., etc., pourvu que la somme totale de ces expressions soit égale à $i_0(1-R_1)(1-R_2)a^x$; ce qui exige seulement qu'on fasse

$$i_1+i_2+i_3+\ldots i_n=i_0\,;$$

alors chacun de ces filets, par exemple $i_1(1-R_1)(1-R_2)a^x$, rencontrant la plaque B, subira d'abord la réflexion à sa première surface, ce qui le réduira à $i_1(1-R_1)^2(1-R_2)a^x$; puis il s'y propagera en s'y affaiblissant suivant l'exponentielle particulière α_1^x, ce qui le réduira à $i_1(1-R_1)^2(1-R_2)a^x\alpha_1^{X_1}$ après qu'il l'aura traversée; du moins en représentant par X_1 l'épaisseur de cette plaque. Enfin il subira encore une seconde réflexion à la surface d'émergence de B, ce qui le changera en $i_1(1-R_1)^2(1-R_2)^2a^x\alpha_1^{X_1}$; et ce sera avec cette intensité définitive qu'il sortira dans l'espace. Le même raisonnement appliqué à tous les filets de B, en affectant chacun d'eux de

l'exponentielle qui lui est propre, donnera l'intensité totale du flux dérivé de i_0, qui sera transmis par le système multiple A B; et ce sera

$$(1-R_1)^2(1-R_2)^2[i_1\alpha_1^{X_1}+i_2\alpha_2^{X_1}+i_3\alpha_3^{X_1}.+.\text{ etc.}\ldots]a^X.$$

Or cette intensité calculée restera la même si l'on met d'abord en avant la plaque B. Car, supposez que dans la chaleur primitivement incidente on sépare par la pensée tous ces filets dont les intensités respectives sont i_1, i_2, i_3..... la somme i_0, et dont la nature de chaleur est telle que chacun d'eux suit dans la plaque B l'exponentielle α_1^x, α_2^x, α_3^x, ... que nous lui avons attribuée, au lieu que dans la plaque A ils suivent tous une même exponentielle commune a^x. Alors, après avoir traversé la première plaque qui est maintenant B, l'un quelconque d'entre eux, i_1, par exemple, deviendra $i_1(1-R_1)(1-R_2)\alpha_1^{X_1}$; puis, arrivant à la seconde plaque qui est maintenant A, comme il la traverse en suivant l'exponentielle commune a^X, son intensité d'émergence sera $i_1(1-R_1)^2(1-R_2)^2\alpha_1^{X_1}a^X$. Le même raisonnement appliqué à tous les autres filets i_2, i_3 ... produira un flux émergent analogue, et leur somme qui compose le flux émergent total produit par i_0 sera

$$(1-R_1)^2(1-R_2)^2[i_1\alpha_1^{X_1}+i_2\alpha_2^{X_1}+\ldots\text{ etc.}]a^X,$$

c'est-à-dire exactement la même que précédemment. La réciprocité, ici démontrée pour un des filets calorifiques simples de A antérieur, existera pareillement pour tous les autres. Elle aura donc lieu pour le flux total composé de leur somme; et ainsi le flux émergent du système multiple AB sera identiquement égal en intensité au flux émergent de BA; pourvu

toutefois que le flux calorifique incident soit, dans ces deux cas, pareil en qualité et en intensité. Ce raisonnement pourrait être aisément étendu à trois plaques, puis à quatre, et ainsi progressivement à un nombre quelconque, en multipliant seulement les décompositions successives du flux total en filets partiels autant qu'il sera nécessaire; et l'on prouverait de même la constance de la transmission totale, quelle que soit la plaque qu'on eût dérangée. On voit que cette propriété tient à ce que chaque filet s'éteint dans chaque plaque suivant une exponentielle qui dépend seulement de sa nature propre et de celle de la plaque, sans que son passage antérieur dans d'autres plaques altère en rien sa disposition primitive à être absorbé ou transmis.

Formules générales exprimant l'extinction progressive des flux calorifiques rayonnants dans les plaques absorbantes de nature quelconque.

Faisons pour un moment abstraction de la réflexion, puisque nous savons en tenir compte.

Soit I_0 la quantité totale de chaleur rayonnante *introduite dans la plaque*. D'après les définitions données plus haut, nous devons concevoir I_0 décomposé en une infinité de filets calorifiques ayant des intensités diverses et aussi d'inégales dispositions à être absorbés ou transmis; dispositions en vertu desquelles chacun d'eux s'éteint progressivement suivant une certaine progression géométrique qui lui est particulière.

Cela posé, considérons un de ces filets élémentaires dont l'intensité initiale, immédiatement *après* son entrée dans la

plaque, soit i_0. Lorsqu'il aura traversé une épaisseur quelconque x de la plaque que je suppose homogène quant à sa faculté absorbante, son intensité initiale i_0 se trouvera réduite à $i_0\,\omega^x$, ω étant une certaine base exponentielle constante, indépendante de x, et assujettie seulement à avoir une valeur numérique comprise entre zéro et l'unité. Car la limite zéro répondrait à une absorption totale et immédiate dans une épaisseur infiniment petite, et l'autre limite 1 répondrait au contraire à une absorption nulle qui laisserait le filet se transmettre indéfiniment sans rien perdre de son intensité primitive. Or il est évident que tous les cas de transmission physiquement possibles sont toujours compris entre ces deux-là.

Si la nature de la chaleur introduite et celle des plaques étaient telles que tous les filets dérivés de I_0 dussent avoir des intensités initiales égales entre elles, il faudra répartir I_0 entre eux tous proportionnellement à leur nombre. Alors, en représentant par a_1 la plus petite, et par a_2 la plus grande des bases exponentielles qui entrent dans le flux total transmis, chaque filet intérieur, répondant à la base ω, devrait contenir initialement la quantité de chaleur $\frac{I_0}{a_2-a_1}\,d\omega$; et cette quantité initiale, affaiblie par l'exponentielle ω^x, deviendrait ensuite à une épaisseur quelconque, $\frac{I_0}{a_2-a_1}\,\omega^x\,d\omega$; de sorte qu'en l'intégrant relativement à ω entre les limites assignées aux exponentielles extrêmes, on aurait l'expression du flux total intérieur composé de leur somme, laquelle, étant représentée par I_x, serait

$$I_x = \frac{I_0\,(a_2^{x+1} - a_1^{x+1})}{(a_2 - a_1)\,(x+1)}$$

Maintenant, dans le cas général, cette égalité initiale des i_0 n'aura plus lieu ; et le partage de I_0 entre tous les filets calorifiques dérivés s'opérera suivant un mode de répartition que nous devons considérer comme entièrement arbitraire ; alors, à chaque base exponentielle particulière ω, appartiendra une portion de l'intensité primitive totale qui sera généralement expressible par $I_0\,\varphi(\omega)\,d\omega$, $\varphi(\omega)$ représentant une fonction d'une forme tout à fait indéterminée, sauf la condition unique que l'intégrale $\int \varphi(\omega)\,d\omega$, prise depuis la plus petite jusqu'à la plus grande de toutes les bases exponentielles contenues dans chaque filet, soit toujours égale à l'unité, afin que la somme de toutes les intensités initiales des filets dérivés représente toujours la quantité totale I_0 de chaleur primitivement introduite.

Quelle que puisse être la forme de la fonction φ, on peut toujours la concevoir exprimée par une suite indéfinie de termes composés de diverses puissances quelconques de la variable ω, multipliés respectivement par autant de coefficients constants, arbitraires, et indépendants les uns des autres. En outre, d'après l'emploi physique que nous donnons ici à cette fonction, il est évident qu'elle est aussi absolument indépendante de l'épaisseur x, puisqu'elle se rapporte à la constitution initiale du flux ; et ainsi cette variable ne doit pas entrer dans la valeur des constantes qu'elle renferme. Cela posé, pour donner à ce mode de représentation de la fonction φ un sens physique commodément applicable, sans restreindre en rien sa généralité, nous concevrons que chacune des puissances de ω qui la composent, exprime le mode variable suivant lequel une certaine portion finie i_0 du flux initial total

se trouve répartie entre un nombre quelconque infini de filets calorifiques, ayant leurs bases exponentielles comprises entre les limites complétement abstraites ω_1, ω_2. Alors si le terme de φ que nous considérons est $a\,\omega^m$, a et m étant deux constantes quelconques, il faudra d'abord que l'intensité initiale i_0 soit égale à celle de tous ces filets réunis, ce qui exigera que l'on fasse

$$i_0 = \int a\,\omega^m d\omega = a\,\frac{(\omega_2^{m+1} - \omega_1^{m-1})}{m+1}\text{; et, par conséquent, } a = \frac{(m+1)\,i_0}{\omega_2^{m+1} - \omega_1^{m+1}}:$$

ceci détermine, ou plutôt transforme la constante arbitraire a en fonction de i_0 qui est aussi complétement arbitraire. Maintenant, si nous représentons par i_x le flux total transmis ainsi dérivé de i_0, après qu'il aura traversé l'épaisseur x, nous aurons

$$i_x = \frac{(m+1)\,i_0}{(\omega_2^{m+1} - \omega_1^{m+1})}\int_{\omega_2}^{\omega_1} \omega^{x+m}\, d\omega;$$

et en prenant l'intégrale entre ses limites arbitraires ω_1, ω_2,

$$i_x = \frac{(m+1)\,i_0\,(\omega_2^{x+m+1} - \omega_1^{x+m+1})}{(\omega_2^{m+1} - \omega_1^{m+1})\,(x+m+1)}:$$

alors la somme finie, mais en nombre quelconque, de tous les flux partiels correspondants ainsi à autant de puissances diverses de ω, arbitraires et indépendantes les unes des autres, constituera le flux total intérieur I_x dont l'expression générale sera

$$I_x = \Sigma\,\frac{i_0\,(m+1)\,(\omega_2^{x+m+1} - \omega_1^{x+m+1})}{(\omega_2^{m+1} - \omega_1^{m+1})\,(x+m+1)};$$

à quoi il faudra joindre

$$I_0 = \sum i_0,$$

le signe Σ s'étendant à un nombre quelconque indéfini de termes qui doit seulement être le même dans les deux formules I_0, I_r. Il est évident que l'équation en I_0 est nécessaire pour que la somme des intensités initiales des flux partiels égale l'intensité initiale du flux total introduit. D'ailleurs, non-seulement le nombre des termes contenus sous le signe Σ est arbitraire, mais encore les valeurs limites ω_1, ω_2, propres à chacun d'eux, sont pareillement arbitraires et indépendantes les uns des autres, avec la seule restriction physique d'être essentiellement comprises entre les valeurs numériques 0 et 1.

Quoique l'expression précédente de I_r se trouve ainsi spécialement appropriée au problème physique que nous examinons, il serait peu à espérer d'en pouvoir obtenir une application générale et nécessaire. Car il y a évidemment ici une indétermination anologue à celle que présente la dispersion et surtout l'inégale transmission des diverses couleurs dans les flux lumineux naturellement émis. Même, à parler exactement, il est présumable que, par chaque point de la surface d'un corps qui rayonne de la chaleur, il sort en toutes directions des filets calorifiques hétérogènes, à cause de la profondeur physiquement sensible de la couche matérielle d'où ce rayonnement paraît émaner et se faire jour jusqu'à la surface, puis de là dans l'espace environnant. Mais, de même que dans les flux lumineux hétérogènes, la vision permet de distinguer leur composition colorifique, et par suite l'inégale transmissibilité de leurs parties, dépendante à la fois de leur nature propre et de la nature

des milieux qu'ils traversent; de même, dans les expériences de M. Melloni, les mesures de transmission aux épaisseurs diverses d'un même milieu ou de milieux divers, étant comparées à l'expression générale de I_x, décèlent la constitution continuellement variable du flux transmis, et permettent d'y discerner ce qui tient aux affections primitives des filets calorifiques ou à la nature des plaques qu'ils ont traversées.

Pour cela considérons d'abord les transmissions observées à travers des plaques d'épaisseur diverse mais d'une même nature, en y restituant les réflexions. Les quantités transmises étant obtenues et exprimées en parties de la chaleur incidente totale prise pour unité, comme nos formules le supposent, elles exprimeront pour chaque plaque le produit $(1-R_1)(1-R_2)\Sigma i_0 \varphi(x)$, équivalant au produit $(1-R_1)(1-R_2)I_x$ de notre expression transformée. Faisons pour un moment abstraction du facteur constant $(1-R_1)(1-R_2)$, qui est connu et égal à 0,923; et prenant les expressions numériques des transmissions telles que les donne l'observation immédiate, construisons-les d'abord graphiquement avec soin, en prenant l'épaisseur x pour abscisse, et choisissons une échelle assez agrandie pour pouvoir rectifier par la loi de continuité leurs petites erreurs accidentelles, si elles en contiennent; puis, relevant sur ces courbes des ordonnées équidistantes, pour rendre les représentations numériques plus faciles, cherchons à découvrir, soit dans ces nombres, soit sur les courbes elles-mêmes, les propriétés générales que l'extinction progressive du flux pourra présenter.

Lorsqu'on soumet les nombres de M. Melloni à cette épreuve, la meilleure, à notre avis, que l'on puisse choisir pour étudier avec sûreté un ensemble de résultats physiques,

on est d'abord frappé de l'excessive régularité individuelle que chaque courbe présente, et l'on est ainsi conduit à voir que l'on peut s'y confier en toute sécurité. Alors, parmi les diversités absolues de ces courbes, selon la nature du flux transmis et celle des plaques traversées, on y reconnaît certains caractères généraux, que l'on retrouve ensuite facilement dans les nombres quand on sait qu'ils existent, et qui heureusement ont trait à plusieurs des propriétés physiques les plus importantes des filets transmis.

Pour mettre ces résultats en évidence, et fournir à chacun les moyens de les vérifier, nous allons rapporter ici les nombres mêmes que M. Melloni a obtenus dans plusieurs séries d'expériences de ce genre qu'il a faites avec tous les soins imaginables d'après le désir que la Commission lui en avait témoigné, et nous y joindrons les valeurs des ordonnées équidistantes que nous en avons déduites. Nous ferons précéder ces tableaux de quelques remarques nécessaires pour bien fixer le sens et la valeur des éléments physiques qui s'y trouvent réunis.

Les expériences dont il s'agit ont été faites avec trois espèces différentes de sources calorifiques : la lampe Locatelli, une spire de platine entretenue en incandescence par la flamme de l'alcool, une lame de cuivre recourbée, chauffée par dessous avec cette même flamme et maintenue ainsi à la température d'environ 400°. Il y a aussi plusieurs séries faites sur le rayonnement de la lampe Locatelli préalablement transmis à travers un verre noir, qui en arrêtait seulement une certaine portion et laissait passer le reste à l'état obscur.

Chaque nombre a été obtenu en mesurant d'abord l'action calorifique directe de la source sur la pile, puis cette même action après l'interposition de la plaque dont on voulait

observer la transmission, puis de nouveau l'action directe, et comparant la demi-somme des résultats extrêmes au résultat moyen. En outre, chaque série a été parcourue en allant des petites épaisseurs aux grandes, et ensuite en revenant de celles-ci aux autres pour compenser les petites variations d'état physique que la source pouvait éprouver.

Les substances dans lesquelles M. Melloni a ainsi déterminé le progrès de l'absorption, sont le verre de Saint-Gobin, le cristal de roche limpide taillé perpendiculairement à l'axe, le cristal de roche enfumé taillé en divers sens, l'eau distillée et l'huile de colza épurée. Ces deux dernières étaient contenues dans de larges tubes de longueurs diverses, fermés à leurs bouts par des glaces minces, planes, à faces parallèles, dont l'influence propre sur les transmissions observées a été évaluée de manière à en dépouiller numériquement les résultats, comme il sera dit plus bas.

Toutes les épaisseurs des plaques solides ont été mesurées au sphéromètre par nous-mêmes, assistés de M. Melloni. L'excessive précision de cet instrument était indispensable pour pouvoir suivre avec sûreté les effets de l'absorption dans les petites épaisseurs, où ils varient très-rapidement. Par ce motif, les plus minces des couches liquides, depuis $0^{mm},372$ jusqu'à l'épaisseur de 11 millimètres, ont été mesurées de la même manière. Ces couches étaient contenues entre des glaces minces, appliquées sur les faces opposées de plaques de verre d'épaisseur diverse, dans lesquelles on avait fait percer des ouvertures annulaires. On obtenait l'épaisseur de la couche liquide en mesurant l'anneau.

Ici le rayonnement n'arrivait à la couche liquide qu'après avoir traversé la lame de verre appliquée sur la surface antérieure de l'anneau, et il ne ressortait dans l'air vers la pile

qu'après avoir traversé la lame de verre postérieure. Il fallait donc évaluer l'influence de ces deux lames sur les résultats, pour les réduire au cas où la couche liquide eût été nue. C'est ce que M. Melloni a fait avec autant de sagacité que d'adresse. Il a d'abord constaté que lorsque cette couche, soit d'eau, soit d'huile, avait une épaisseur égale ou supérieure à trois millimètres, on pouvait faire varier l'épaisseur des lames de verre enveloppantes depuis l'extrême minceur jusqu'à deux ou trois millimètres, ou encore les remplacer par des lames de cristal de roche d'épaisseurs analogues, sans qu'il s'opérât aucun changement appréciable dans les transmissions. L'interprétation de ce résultat était évidente d'après ses expériences antérieures. Il montrait que, pour les deux liquides dont il s'agit, une épaisseur de trois millimètres éteignait déja, par son action propre, tous les rayons que des lames de verre ou de cristal de roche d'un ou de deux millimètres empêchaient d'arriver jusqu'à elles, de sorte qu'il n'importait en rien que de pareilles lames fussent ou ne fussent pas alors placées avant la couche liquide dans le trajet des rayons; et cette conséquence s'appliquait encore plus rigoureusement aux lames de verre ou de cristal postérieures, qui ne pouvaient plus exercer qu'une absorption excessivement faible sur le flux transmis jusqu'à elles à travers la lame antérieure et la couche liquide. De là on pouvait donc conclure que, pour les épaisseurs d'eau ou d'huile égales ou supérieures à trois millimètres, les transmissions observées à travers les tubes fermés par des glaces minces, pouvaient être considérées comme physiquement égales à celles qu'on aurait obtenues sans cette interposition. Maintenant, pour étendre les mêmes épreuves aux lames liquides plus minces, M. Melloni a imaginé d'abord de remplacer, pour l'huile, les glaces envelop-

pantes par des plaques de sel gemme que toutes ses autres expériences lui avaient fait connaître comme ne produisant aucune absorption appréciable sur les rayons calorifiques de nature quelconque dans les épaisseurs où il les employait; de sorte que la couche d'huile comprise entre elles pouvait être considérée comme nue, sauf toujours les réflexions antérieures et postérieures dont on tient compte. Il a trouvé ainsi que, dans les épaisseurs moindres de trois millimètres, les couches d'huile ainsi débarrassées de l'absorption des glaces donnaient des transmissions propres plus considérables, et d'autant plus qu'elles étaient plus minces, la lame antérieure leur interceptant sans doute alors un plus grand nombre des rayons calorifiques qu'elles auraient transmis si elles les eussent reçus immédiatement. M. Melloni a donc pu ainsi obtenir les transmissions à travers les couches minces d'huile de colza, pures de toute influence étrangère; et, en les joignant aux mesures prises entre des glaces à des épaisseurs plus grandes, jusqu'à 200 millimètres, il a complété dans toute cette étendue la continuité de ses résultats. Ceci montrait la nécessité d'appliquer aux couches minces d'eau une épreuve semblable, pour connaître la correction qu'elles pouvaient exiger. Mais comment le faire, puisque l'eau dissout le sel? Pour éluder cette difficulté, M. Melloni a commencé par observer avec les tubes fermés par des glaces, la transmission des divers flux calorifiques à travers de l'eau chargée de sel gemme dissous à saturation; et, à sa grande surprise, il a trouvé que, pour les épaisseurs un peu considérables, il y avait bien un très-petit accroissement appréciable de la transmission par l'eau ainsi saturée comparativement à l'eau pure, mais que cette faible différence devenait tout à fait insensible à des épaisseurs au-dessous d'un ou deux millimètres. Il a

donc pu observer entre ces plaques de sel la transmission des lames minces d'eau ainsi saturées, et les substituer à celles que les mêmes épaisseurs d'eau pure donnaient entre des lames de verre ou de cristal. Mais la force absorbante de l'eau étant beaucoup plus énergique que celle de l'huile de colza, comme toutes les expériences le montrent, il se trouva que, même à l'épaisseur de $0^{mm.},372$, la plus petite que M. Melloni ait pu atteindre, il n'y avait aucune différence sensible entre les transmissions de l'eau enveloppée de sel ou comprise entre des lames minces de verre. Ce qui montre que les portions du flux calorifique interceptées par ces lames auraient été pareillement éteintes par les couches d'eau, si elles leur fussent arrivées directement, de sorte qu'il n'en serait résulté aucune différence appréciable dans les quantités transmises.

Enfin, pour rendre les observations comparables, quand la lampe Locatelli était employée comme source rayonnante, il fallait soumettre son rayonnement à quelque épreuve qui attestât l'identité de sa constitution calorifique, ou donnât la mesure des variations qu'elle éprouvait dans les expériences successives. Pour cela, M. Melloni a commencé toutes ses séries par l'observation de la transmission du flux à travers une plaque de verre dont l'épaisseur était $8^{mm.},274$, laquelle, en raison de cette épaisseur, ne laissant passer que les rayons les plus transmissibles, décelait ainsi les modifications que leur proportion éprouvait dans la source employée. Or, cette épreuve est d'une extrême délicatesse; car lorsque la lampe éprouve de très-petits changements d'état, les seuls auxquels elle soit exposée dans des expériences faites avec soin, c'est toujours dans la production

des rayons les plus transmissibles que les différences se manifestent principalement; de sorte que l'influence de ces changements devient surtout sensible à travers de grandes épaisseurs de verre que ces rayons très-transmissibles peuvent seuls traverser. Aussi reconnaît-on par là, dans la constitution du flux, des différences que les petites épaisseurs ne rendraient pas sensibles. Chaque série de M. Melloni faite avec la lampe Locatelli, comme source, porte en tête le résultat de l'épreuve que nous venons de décrire; et les petites différences qu'on y découvre dans l'état primitif du flux à différents jours, si elles ne peuvent servir à rétablir l'identité des circonstances, prouvent du moins qu'il s'en est toujours fallu très-peu qu'elle n'existât complétement.

Après ces explications nécessaires, les tableaux qui suivent se comprendront facilement, et chacun pourra employer comparativement les résultats qu'ils contiennent. La première colonne marque les épaisseurs des plaques employées; les suivantes donnent les transmissions observées à travers ces épaisseurs pour chaque espèce de source désignée en tête. Ce sont autant de valeurs numériques du produit $(1-R_1)(1-R_2)\Sigma i_0 \varphi(x)$; mais pour éviter le trop grand nombre de décimâles, on y a représenté l'unité de chaleur incidente par le nombre 100. Voilà pourquoi on y voit toujours figurer au devant de l'épaisseur o le nombre 92,3 au lieu de la fraction 0,923, qui exprime la valeur du produit $(1-R_1)(1-R_2)$, lorsque la quantité de chaleur extérieurement incidente est prise pour unité, et que les plaques qui la réfléchissent et la transmettent ont reçu le poli spéculaire. Sans doute il est possible que, parmi les plaques employées, il s'en soit trouvé pour lesquelles une petite altération accidentelle

de la netteté des surfaces ait causé quelque petit accroissement dans les pertes que leur réflexion produisait; et alors le nombre 92,3 aura été un peu trop fort pour elles. Mais des différences de ce genre, nécessairement très-petites et accidentelles, ne peuvent être appréciées, et il faut inévitablement les comprendre parmi les erreurs des observations. On peut remarquer que, dans toutes les séries, la déviation directe produite par la source sur le galvanomètre, sans aucune plaque interposée, a toujours été rendue très-peu différente de 35°; ce qui se faisait en approchant ou éloignant la source à une distance convenable pour que l'aiguille fût jetée par impulsion à cette amplitude; et l'on s'est borné à ce terme pour que les résultats restassent toujours compris dans les limites d'écart où la tabulation du galvanomètre présentait toute sécurité.

EXPÉRIENCES RELATIVES AU VERRE DE SAINT-GOBIN.

INDICATION des sources employées.	IMPULSION produite sur l'index du galvanomètre, par leur rayonnement libre.	FORCE correspondante déduite par la tabulation du galvanomètre.	VALEUR numérique attribuée à cette force dans la série.
Flamme d'une lampe de Locatelli, donnant une transmission de 59 par le verre d'épreuve *q*, ép. 8mm.,274.	35°,56	40,17	100
Platine incandescent.........	35,27	39,92	100
Cuivre chauffé à 400°........	34,98	39,70	100

DÉSIGNATION des plaques.	ÉPAISSEURS prises au sphéromètre.	TRANSMISSIONS CALORIFIQUES pour le Locatelli.	pour le platine incandescent.	pour le cuivre chauffé à 400°.
»	mm. 0,000	92,30	92,30	92,30
a	0,196	82,51	»	»
b	0,244	81,06	»	»
c	0,314	80,21	»	»
d	0,323	»	68,35	17,01
e	0,575	77,00	59,78	13,60
f	0,814	74,48	54,63	11,13
g	1,094	72,75	50,25	9,35
k	1,600	70,00	45,23	6.30
i	1,974	68,17	43,50	5,07
k	2,097	67,83	42,51	4,75
l	2,666	66,13	39,43	3,43
m	2,877	65,48	38,62	3,10
n	4,121	63,34	35,23	2,02
o	5,640	61,34	32,45	1,38
p	6,230	60,66	31,52	1,25
q	8,274	59,00	29,17	1,15

ABSCISSES ET ORDONNÉES MILLIMÉTRIQUES DÉDUITES DES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS.

Abscisses..........	0	mm 0,25	0,5	mm 1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8
Ordon. pour le Locatelli.	92,30	81,10	77,45	73.30	70,4	68,20	66,55	65,30	63,40	62,00	60,85	59,95	59,20
Ordon. pour le plat. inc.	92,30	»	62,10	51,52	46,12	42,82	»	38,32	35,82	33,97	32,32	30,82	29,62
Ordon. pour le cuivre à 400°	92,30	»	14,40	9,90	6,68	4,95	»	2,85	2,02	1,50	1,35	1,28	1,13

EXPÉRIENCES RELATIVES AU CRISTAL DE ROCHE LIMPIDE.

INDICATION des sources employées.	IMPULSION produite sur l'index du galvanomètre par leur rayonnement libre.	FORCE correspondante déduite par la tabulation du galvanomètre.	VALEUR numérique attribuée à cette force dans la série.
Flamme d'une lampe de Locatelli, donnant une transmission de 49,4 par le verre d'épreuve.	34,4°	39,09	100
Platine incandescent.........	35,02	39,67	100
Cuivre chauffé à 400°........	34,91	39,56	100

DÉSIGNATION des plaques.	ÉPAISSEURS prises au sphéromètre.	TRANSMISSIONS CALORIFIQUES POUR le Locatelli.	POUR le platine incandescent.	POUR le cuivre à 400°.
»	0,000	92,30	92,30	92,30
a	0,517	79,33	69,35	14,50
b	0,910	»	66,25	12,00
c	1,053	»	64,88	11,08
d	1,174	75,96	64,01	10,60
e	1,933	73,40	60,78	8,75
f	2,843	72,00	57,90	7,50
g	3,792	71,02	55,88	6,75
h	5,023	70,40	53,35	6,25
i	5,936	69,89	51,38	5,38
k	7,155	69,58	49,50	4,87
l	8,122	68,82	48,20	4,50

ABSCISSES ET ORDONNÉES MILLIMÉTRIQUES DÉDUITES DES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS.

Abscisses...........	0	mm. 0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8
Ordon. pour le Locatelli.	92,30	»	78,56	76,76	74,76	73,33	72,46	71,79	70,79	70,19	69,79	69,49	69,33
Ordon. pour le platine inc.	92,30	»	69,50	65,10	62,50	60,55	»	57,55	55,30	53,30	51,40	49,75	48,40
Ordon. pour le cuivre à 400°	92,30	»	14,70	11,25	9,70	8,67	»	7,30	6,60	5,95	5.37	4,92	4,55

EXPÉRIENCES RELATIVES AU CRISTAL DE ROCHE ENFUMÉ.

INDICATION des sources employées.	IMPULSION produite sur l'index du galvanomètre par le rayonnement libre.	FORCE correspondante déduite de la tabulation du galvanomètre.	VALEUR numérique attribuée à cette force dans la série.
Flamme d'une lampe Locatelli, donnant une transmission de 52,63 par le verre d'épreuve.	34,80	39,46	100
Platine incandescent........	35,10	39,75	100
Cuivre chauffé à 400°........	34,99	39,71	100

DÉSIGNATION des plaques.	ÉPAISSEURS prises au sphéromètre.	TRANSMISSIONS CALORIFIQUES		
		POUR le Locatelli.	POUR le platine incandescent.	POUR le cuivre à 400°.
»	0,000	92,30	92,30	92,30
a	0,364	82,96	71,25	17,50
b	1,238	77,16	63,55	10,97
c	1,705	75,84	61,12	9,90
d	2,010	75,21	60,37	9,10
e	3,478	72,34	56,25	7,42
f	4,468	70,77	53,62	6,67
g	86,000	59,02	35,00	0,65

ABSCISSES ET ORDONNÉES MILLIMÉTRIQUES DÉDUITES DES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS.

Abscisses........................		0	mm. 0,5	1	2	3	4	86
Ordonnées.	pour le Locatelli......	92,3	81,72	78,57	75,07	73,07	71,42	59,02
	pour le platine incand..	92,3	70,02	64,97	60,32	57,37	54,77	35,00
	pour le cuivre à 400°..	92,3	15,42	12,27	9,17	7,77	6,97	0,65

EXPÉRIENCES RELATIVES A L'HUILE DE COLZA ÉPURÉE.

INDICATION des sources employées.	IMPULSION produite sur l'index du galvanomètre par leur rayonnement libre.	FORCE correspondante déduite de la tabulation du galvanomètre.	VALEUR numérique attribuée à cette force dans la série.
Flamme d'une lampe Locatelli, donnant une transmission de 57,7 par le verre d'épreuve.	35°,38	40,00	100
Platine incandescent.	35,38	40,15	100

DÉSIGNATION des couches liquides.	ÉPAISSEURS prises au sphéromètre.	TRANSMISSIONS CALORIFIQUES pour le Locatelli.	TRANSMISSIONS CALORIFIQUES pour le platine incandescent.
»	0,000	92,30	92,30
a	0,397	67,53	35,64
b	0,743	53,53	27,54
c	1,278	44,35	19,92
d	2,412	33,09	15,29
e	3,485	29,01	12,67
f	4,621	26,58	11,20
g	5,773	24,10	10,21
h	6,812	22,73	9,21
i	8,490	21,25	7,94
k	11,598	20,75	6,57
l	50,000	12,50	2,12
m	100,000	8,08	1,24
n	150,000	6,05	»
o	200,000	5,33	»

ABSCISSES ET ORDONNÉES MILLIMÉTRIQUES DÉDUITES DES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS.

Abscisses	0	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ord. pour le Locatelli	92,30	»	64,00	48,30	41,00	36,05	32,65	30,55	27,75	25,65	23,85	22,60	21,70	21,20	20,95	20,85
Ord. pour le plat. inc.	92,30		31,97	22,72	18,62	16,27	«	13,57	11,92	10,77	9,77	8,87	8,12	7,52	7,12	6,72

EXPÉRIENCES RELATIVES A L'EAU DISTILLÉE.

INDICATION des sources employées.	IMPULSION produite sur l'index du galvanomètre par leur rayonnement libre.	FORCE correspondante déduite de la tabulation du galvanomètre.	VALEUR numérique attribuée à cette force dans la série.
Flamme d'une lampe Locatelli, donnant une transmission de 50,2 par le verre d'épreuve.	34,92	39,58	100
Platine incandescent.............	35,30	39,95	100

DÉSIGNATION des couches liquides.	ÉPAISSEURS prises au sphéromètre.	TRANSMISSIONS CALORIFIQUES POUR le Locatelli.	TRANSMISSIONS CALORIFIQUES POUR le platine incandescent.
»	0,000	92,30	92,30
a	0,397	27,03	10,00
b	0,743	21,94	7,20
c	1,278	17,38	4,45
d	2,412	12,62	2,55
e	3,485	10,47	1,67
f	4,621	9,42	1,28
g	5,773	8,71	1,02
h	6,812	8,46	0,82
i	8,490	7,91	0,45
k	11,598	7,63	Des traces.
l	50,000	2,39	0,00
m	100,000	1,28	0,00
n	150,000	0,71	0,00

ABSCISSES ET ORDONNÉES MILLIMÉTRIQUES DÉDUITES DES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS.

Abscisses......	0	mm. 0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ord. pour le Locatelli.	92,30	»	25,08	19,33	15,98	13,88	»	11,43	10,03	9,11	8,55	8,23	8,00	7,83	7,73	7,68
Ord. pour le plat inc.	92,30	»	8,70	5,70	4,15	3,15	»	2,00	1,45	1,10	0,95	0,75	0,55	0,45	0,35	0,30

Si l'on examine dans leur marche générale les nombres contenus dans les tableaux précédents ; et, pour le faire mieux, si l'on construit graphiquement les courbes qui en résultent, on voit d'abord les ordonnées qui représentent le flux transmis, partir de la hauteur 92,3 qui représente la transmission pour une épaisseur nulle; puis, de là tomber plus ou moins rapidement, mais toujours rapidement, vers leur axe dans les premières épaisseurs ; après quoi, leur affaiblissement progressif se ralentit, et au-delà d'une certaine limite d'épaisseur leur variation pour une épaisseur d'un millimètre est à peine sensible ; de sorte que, depuis lors, la courbe semble descendre asymptotiquement vers son axe, pour ne le rejoindre qu'à une épaisseur infinie ; comme si c'était seulement à une épaisseur infinie que les dernières portions du flux transmis dussent mathématiquement s'éteindre. Or, cette conséquence est en effet conforme au mode d'extinction par exponentielle que nous avons reconnu aux filets calorifiques particuliers dont se compose le flux total.

Chacun des filets calorifiques s'éteignant selon la progression géométrique qui lui est propre, il est facile de prévoir que l'extinction du flux total ne suivra pas une semblable progression ; et cela est aussi facile à constater sur les courbes graphiques; car, en prenant à un quelconque de leurs points la grandeur de l'ordonnée, et l'inclinaison de la tangente sur l'axe, ces deux éléments réunis déterminent la logarithmique simple qui toucherait la courbe en ce point-là ; or, la base de cette logarithmique est précisément la raison de la progression géométrique moyenne que suit alors le flux pendant un intervalle infiniment petit ; et ainsi on la voit se ralentir continuellement à mesure que l'épaisseur augmente. En effet,

à chaque petit accroissement d'épaisseur, le flux total perd graduellement ceux de ses filets dont la progression propre d'extinction est la plus rapide; ou du moins leur intensité cesse d'être sensible physiquement; de sorte que, progressivement, le flux total semble devenir de plus en plus transmissible, lorsqu'il est seulement de plus en plus épuré. La réalité de ce mode de séparation se constate aisément pour toutes les espèces de sources calorifiques et de plaques absorbantes, en étudiant d'une manière comparative les propriétés du flux direct et transmis à travers diverses épaisseurs. Prenons pour exemple le rayonnement de la lampe Locatelli transmis à travers le cristal de roche, dont les résultats sont rapportés page 501. Si l'épaisseur de cristal qu'on lui fait traverser est seulement de $\frac{1}{2}$ millimètre, il y perd 13 parties et $\frac{3}{4}$ de son intensité sur 92,30. Si on le prend après cette transmission, et qu'on lui fasse traverser une seconde plaque d'un demi-millimètre, en restituant par le calcul les pertes produites par les réflexions, il n'abandonne plus dans ce second trajet que 1 partie et $\frac{8}{10}$ sur 78,56. Lorsqu'il a traversé ainsi 3 millimètres en une seule épaisseur continue, sa perte par l'absorption dans une nouvelle épaisseur de $\frac{1}{2}$ millimètre n'est plus qu'une fraction de partie, et elle va toujours ainsi en diminuant, jusqu'à devenir insensible dans cet intervalle d'un demi-millimètre. Alors une nouvelle plaque de $\frac{1}{2}$ millimètre présentée au flux transmis, s'y comporte presque comme ferait une plaque de sel gemme; elle ne donne plus de pertes appréciables qu'en vertu des réflexions qu'elle produit, et il faut employer des épaisseurs bien plus fortes pour obtenir des résultats mesurables d'absorption. Or, ceci ne tient pas à l'affaiblissement absolu du flux, car à ces épaisseurs il y a encore plus de 70 parties transmises sur 100

incidentes. Lorsque le flux se trouve ainsi épuré, de manière que les filets qui lui restent peuvent traverser un millimètre de cristal de roche presque sans perte, ces filets ne sont pas tous à beaucoup près aussi aptes à traverser le verre ou toute autre substance qu'on leur présente. Car dans le verre, par exemple, des épaisseurs successives de $\frac{1}{2}$ millimètre y opèrent des séparations et des absorptions d'abord considérables, puis de plus en plus faibles, suivant une marche analogue à celle que le flux direct avait présentée en traversant le cristal. Enfin, après une certaine limite d'épaisseur, qui pour le verre est de 7 ou 8 millimètres, le reste du flux, qui est encore très-considérable, s'affaiblit avec une extrême lenteur, et se propage très-loin sans cesser d'être sensible; de sorte que de nouvelles plaques minces de verre qu'on lui présente, s'y comportent presque comme des plaques de sel. Et il en est de même si, au lieu de verre, on lui présente des plaques de cristal de roche. Mais le flux ainsi épuré, l'est pour ces deux substances, et ne l'est pas pour l'eau, l'huile ou l'alun; car celles-ci trouvent encore des différences considérables entre ces filets qui semblaient épurés pour le cristal de roche ou le verre. M. Melloni a fait dans ce genre un grand nombre d'expériences, dont quelques-unes, accompagnées de mesures précises, se trouveront employées dans ce rapport: elles offriront aux physiciens géomètres les premiers éléments nécessaires pour apprécier les conditions qui rendent les filets calorifiques également ou inégalement absorbables dans les substances observées. Ce sujet d'étude est immense, et les recherches qu'on y pourra faire seront d'une utilité extrême pour fixer le caractère du principe calorifique, ainsi que le mode d'action par lequel les corps peuvent l'absorber.

D'après ce que nous venons d'exposer sur l'analyse expérimentale des flux calorifiques, soit avant, soit après leur traversée dans les plaques diaphanes, on conçoit que les résultats de leur transmission ne peuvent, comme nous l'avons annoncé, être reproduits en toute rigueur que par l'assemblage d'un nombre infini de progressions géométriques, conséquemment de termes exponentiels tous différents les uns des autres dans leur base et les coefficients qui les multiplient, afin de correspondre au nombre infini de ces progressions qui appartiennent aux divers filets calorifiques dont un flux se compose, même, selon toute probabilité, quand on le supposerait émané d'une seule portion infiniment petite d'un corps rayonnant.

Néanmoins, dans l'indétermination inévitable que prend ainsi la question considérée sous le point de vue général et mathématique, on peut démêler certains résultats généraux qui existent nécessairement dans tous les flux transmis, et qui, étant bien définis, facilitent singulièrement pour les physiciens l'analyse ainsi que l'énoncé des caractères qu'ils présentent.

La marche d'une progression géométrique quelconque est toujours expressible par un terme exponentiel de la forme a^x; a étant une constante, et x une variable représentant le rang des termes, lequel répond ici aux diverses épaisseurs. Une pareille expression, développée en série suivant les puissances de la variable, devient généralement

$$1 + x \log._1 a + \frac{x^2}{1.2} \log._1^2 a + \frac{x^3}{1.2.3} \log._1^3 a \ldots\ldots, \text{etc.},$$

l'indice inférieur attaché au logarithme indiquant qu'il est hyperbolique. On sait que cette forme de série finit toujours par être convergente, quels que soient a et x, pourvu qu'on

la prolonge suffisamment loin. Mais si l'on veut qu'elle soit convergente dès ses premiers termes pour certaines valeurs données de la variable x, cela ne pourra être qu'à condition que $\log._1 a$ sera renfermé dans certaines limites convenables de valeur numérique. Par exemple, si a est une très-petite fraction, $\log._1 a$ sera un nombre négatif d'autant plus considérable ; et alors ce sera seulement pour les très-petites valeurs de x que la série sera immédiatement convergente. Si a, quoique fractionnaire, comme il l'est toujours pour les flux absorbables, approche davantage de l'unité, $\log._1 a$ commencera à devenir une fraction, qui permettra la convergence pour des valeurs de x plus sensibles ; et enfin si a vient à différer très-peu de l'unité, la convergence immédiate pourra avoir lieu à des valeurs de x de plus en plus grandes.

Toutes ces diverses graduations de valeurs existent généralement dans l'assemblage en nombre infini des exponentielles dont se compose toujours un flux calorifique ; mais les unes et les autres y dominent inégalement selon la nature de la source qui émet le flux ; et, quelle que soit cette nature, les plus lentes seules restent sensibles au-delà de certaines limites d'épaisseur. Pour fixer les idées, appelons exponentielles *rapides* celles qui, dans les phénomènes de transmission de M. Melloni, ont été physiquement éteintes aux épaisseurs de 1 ou 2 millimètres. Appelons exponentielles *moyennes* celles qui donnent des effets sensibles jusqu'à des épaisseurs plus grandes, telles que 7 ou 8 millimètres, après quoi elles cessent aussi d'être perceptibles physiquement. Enfin, appelons exponentielles *lentes*, celles dont les bases diffèrent assez peu de l'unité pour que leurs effets physiques se soutiennent perceptibles, quoique avec des

intensités de plus en plus faibles dans toute la série d'épaisseurs auxquelles les observations peuvent s'étendre. Cela posé, lorsque les observations de transmission auront dépassé les premières épaisseurs, c'est-à-dire au-delà de 1 ou 2 millimètres dans les substances que M. Melloni a étudiées, les exponentielles que nous avons appelées rapides seront physiquement éteintes, et il n'en restera plus de sensibles dans le flux transmis, que celles qui appartiennent aux deux dernières classes. Considérons donc alors un des flux partiels ainsi constitués, qui composent le flux total, et dont la forme individuelle, abstraction faite des réflexions, sera

$$\frac{i_0 (m+1) \left[\omega_2^{x+m+1} - \omega_1^{x+m+1}\right]}{(\omega_2^{m+1} - \omega_1^{m+1})(x+m+1)}.$$

Il peut arriver que quelques-uns de ces filets aient leurs deux exponentielles limites ω_1, ω_2, sensibles aux épaisseurs x que l'on considère; mais il se peut aussi que la plus rapide d'entre elles, ω_1, soit alors physiquement éteinte, ω_2 restant seule sensible, à cause de la petitesse de ω_1. Dans ce cas, que nous discuterons d'abord, l'expression du flux partiel se trouvera sensiblement réduite à

$$\frac{i_0 (m+1)\, \omega_2^{x+m+1}}{(\omega_2^{m+1} - \omega_1^{m+1})(x+m+1)},$$

du moins pour les limites d'épaisseur que nous supposons; et alors, si on la conçoit développable suivant les puissances de x, avec une convergence suffisante pour qu'on puisse se borner à son premier terme, elle donnera

$$\frac{i_0 (m+1)\, \omega_2^{m+1} \left[1 + x \log._1 \omega_2\right]}{(\omega_2^{m+1} - \omega_1^{m+1})(x+m+1)}.$$

S'il y a dans le flux un nombre quelconque, fini ou infini, de filets pareils, dont les intensités initiales i_0 soient quelconques, mais assujetties à la même distribution d'intensité, la constante m sera égale dans tous, de sorte qu'ils se réuniront en une somme totale de la forme

$$\frac{a+bx}{x+m+1},$$

a et b étant deux constantes. Maintenant, s'il y a en outre dans le flux total un nombre quelconque d'autres flux assujettis ou non à la même distribution d'intensité, mais dont les exponentielles propres soient excessivement lentes, leurs bases étant très-peu différentes de l'unité, je dis que leur présence ne troublera pas cette forme, mais seulement s'y ajoutera. Pour le prouver, il faut savoir que, dans les expériences de M. Melloni, le coefficient m, qui règle la distribution de i_0 entre tous les filets dont le flux partiel se compose, est toujours peu différent de l'unité, comme on le verra par les nombres mêmes que nous donnerons pour y satisfaire; et l'on peut le pressentir par cette seule considération que les résultats observés peuvent toujours être représentés très-approximativement dans l'étendue bornée d'épaisseurs qu'ils embrassent, par la somme empirique de quatre ou cinq termes exponentiels simples, à coefficients différents mais constants, ce qui équivaut à grouper toutes les intensités et toutes les raisons des progressions en autant de moyennes qui suffisent pour représenter très-approximativement leur distribution réelle. D'après cela, si ω_1 et ω_2 sont, l'un et l'autre, très-peu différents de 1, ainsi que nous devons le supposer dans les filets très-peu absorbables que nous considérons, comme

d'ailleurs les épaisseurs x, auxquelles nous nous appliquons en ce moment, sont peu considérables, n'excédant pas 7 ou 8 millimètres, l'expression précédente du flux partiel pourra être développée en série immédiatement convergente, suivant les puissances de $(x+m+1)\log._1 \omega_2$, et $(x+m+1)\log._1 \omega_1$; ce qui fera partir le diviseur $x+m+1$; après quoi il restera

$$\frac{i_0(m+1)[log._1 \omega_2 - log._1 \omega_1]}{(\omega_2^{m+1} - \omega_1^{m+1})}\left[1+\frac{(x+m+1)}{1.2}[\log._1 \omega_2 + \log._1 \omega_1] + \text{etc.}\right]$$

Il est facile de voir que $(m+1)$ étant supposé peu différent de 1, le coefficient de i_0 hors des parenthèses se réduit presque exactement à l'unité, ce qui le rend indépendant de m; mais quel qu'il soit, il forme un facteur indépendant de x. Quant aux termes du développement qui dépendent de x, le premier sera le plus sensible, puisque les suivants sont affectés des puissances supérieures des logarithmes qui, dans notre supposition actuelle, sont ici de très-petites fractions; et l'extrême petitesse de ces logarithmes pourra même aller jusqu'à rendre aussi presque insensible le terme affecté de la première puissance de x aux épaisseurs bornées dont il s'agit. Alors on voit que, dans ces limites d'épaisseur, des flux partiels très-lents, en nombre quelconque, ne feront presque qu'ajouter autant de constantes à l'expression

$$\frac{a+bx}{x+m+1},$$

ce qui ne change point sa forme; et ainsi, en représentant par z_x, la somme des flux partiels qui la composeront, on aura dans les circonstances spécifiées

$$z_x = \frac{a+bx}{x+m+1}. \quad (1)$$

Pour que tous les flux partiels qui subsistent au-delà de un ou deux millimètres puissent ainsi se réunir en un seul terme, il faut évidemment que ceux d'entre eux dont l'absorption n'est pas très-lente, aient, dans chaque cas, une distribution d'intensité réglée par des valeurs de m égales, ou infiniment peu différentes les unes des autres. La comparaison des observations avec cette formule décidera s'il en est ainsi. En effet, la forme représentée par l'équation (1) est celle d'une hyperbole équilatère, ayant ses asymptotes respectivement parallèles aux axes des coordonnées x et y. Est-il donc ou n'est-il pas réel qu'au-delà de un ou deux millimètres jusqu'à sept ou huit, c'est-à-dire dans tout l'intervalle où les mesures de transmission sont les plus certaines, les courbes des flux calorifiques se présentent généralement ainsi? C'est un résultat facile à constater graphiquement, d'après les propriétés connues de l'hyperbole équilatère. Or, en le cherchant, non seulement on le trouve exact, mais dans quelques cas, probablement par une distribution d'intensités particulièrement régulière, la vérification des propriétés les plus délicates de l'hyperbole se trouve singulièrement exacte et prolongée. Cela a lieu ainsi, par exemple, dans la transmission du rayonnement Locatelli à travers le verre. Depuis l'épaisseur de $1^m,5$ jusqu'à plus de 8^m, il n'y a pas une différence appréciable, soit graphiquement, soit numériquement, entre les transmissions observées et la marche d'une hyperbole équilatère, rapportée à des asymptotes parallèles aux x et aux y.

Ce résultat une fois connu peut aisément se vérifier sur les nombres mêmes qui expriment les transmissions observées; car il s'ensuit que, dans les limites d'épaisseur dont il s'agit, le produit $(x+m+1)\ z_x$ est de la forme $a+bx$, c'est-à-dire linéaire en x. Conséquemment tout se réduit à voir s'il est possible de trouver une constante m qui, étant ajoutée à $x+1$, donne des produits $(x+m+1)\ z_x$, dont les différences soient sensiblement constantes dans les limites d'épaisseur que nous venons de spécifier. Si cela se réalise, il est clair que la similitude ou la différence des constantes pour diverses plaques, dans la transmission du même rayonnement, indiquera sans aucune hypothèse, des diversités de modifications propres à ces plaques et introduites par elles dans le flux transmis, malgré l'identité de sa constitution primitive dans les divers cas ainsi comparés.

Pour donner quelques exemples de cette application, commençons par le verre. A chaque épaisseur x, exprimant un nombre entier de millimètres supérieur à 1, ajoutons la constante $+2{,}94118$, laquelle représentera ici $m+1$. Puis, avec la somme $x+2{,}94118$, multiplions respectivement chaque transmission correspondante observée z_x, ce qui, à la vérité, grandira considérablement les erreurs qui pourront exister dans les observations. Ayant ainsi formé la série des produits $(x+m+1)\ z_x$, de millimètre en millimètre depuis 1 jusqu'à 8, prenons leurs différences successives pour voir si elles sont sensiblement constantes, en nous attendant toutefois que la première, dépendant de l'abscisse $x=1$, pourra bien être trop voisine de l'origine pour être exactement comprise dans les mêmes conditions de développement; nous aurons ainsi le tableau suivant.

Épaisseurs en millim.	1	2	3	4	5	6	7	8
Produit $(x+m+1)z_x$	288,888	336,988	387,959	440,071	492,353	544,071	595,974	647,718
Otez le précédent.		288,888	336,988	387,959	440,071	492,353	544,071	595,974
Différences premières.		48,100	50,971	52,112	52,282	51,718	51,903	51,744

La première seule s'écarte un peu des autres, comme on pouvait s'y attendre : le reste n'offre que des inégalités très-petites et irrégulières, telles qu'il est impossible que les observations n'en produisent pas.

Maintenant cette loi étant adoptée ici comme physiquement exacte, l'équation de la branche d'hyperbole équilatère qui en résulte est

$$z_x = \frac{233,413 + 51,788 \cdot x}{x + 2,94118}, \text{ ce qui équivaut à } z_x = 79,360 - \frac{27,572 \cdot x}{x + 2,94118}.$$

Avec cette formule on a calculé les valeurs absolues des transmissions aux diverses épaisseurs; et même on a fait rétrograder la branche hyperbolique vers l'origine, pour connaître la portion rapide du flux qui n'y est pas comprise. Voici les résultats :

Épaisseurs en millimètres.	0	0,25	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
Flux hyperbolique.	79,36	77,2	75,36	72,36	70,23	68,2	65,44	63,47	62,0	60,86	59,95	59,2
Flux total observé.	92,30	81,1	77,45	73,30	70,40	68,2	65,30	63,40	62,0	60,85	59,95	59,2
Différence due aux exponentielles rapides.	+12,94	+3,9	+2,09	+0,94	+0,17	0	−0,14	−0,07	0	−0,01	0,00	0,0

On voit que depuis 1^{m},5 jusqu'à 8, le développement hyperbolique contient toute la partie sensible du flux; donc, puisque les exponentielles qui l'ont produit existaient certainement dans le flux total avant ce terme, et ne peuvent que s'y trouver encore plus approximativement développées par la branche hyperbolique, si l'on fait retourner celle-ci en arrière et qu'on soustraye du flux total les produits qu'elle donne, le reste exprimera sans aucune hypothèse la portion du flux transmis qui est exprimée par des exponentielles rapides, non comprises dans le développement; et l'on voit que cette portion ne fait qu'un peu plus de $\frac{1}{7}$ du flux total dans l'épaisseur zéro, au premier moment de l'introduction de la chaleur dans la plaque.

De même que la branche hyperbolique, ainsi reconduite en arrière, ne peut pas embrasser cette première portion du flux, de même il ne faudrait pas l'étendre indéfiniment à des épaisseurs quelconques au-delà de 8 millimètres, parce que les séries qu'elle représente ne pourraient plus alors être bornées à la première puissance de x. Aussi voyons-nous qu'ici, par exemple, la branche hyperbolique, indéfiniment continuée, aurait pour asymptote 51,788, ce qui supposerait, contre les réalités physiques, que cette portion considérable du flux serait inextinguible, même à l'infini. Mais il n'en est plus ainsi lorsqu'au lieu de considérer l'influence des flux très-lents comme sensiblement constante, ainsi qu'on peut le faire dans les premières épaisseurs, on leur restitue leur forme exponentielle véritable, en y attachant les éléments numériques indiqués par les observations.

Toutes les autres séries de transmission observées par M. Melloni, présentent des résultats analogues, dans lesquels

les constantes seulement changent avec la nature des plaques absorbantes, même lorsque la source calorifique employée ne change pas; ce qui montre bien l'action propre de chaque substance pour modifier le même flux à sa convenance. Pour ne pas multiplier inutilement ces détails que l'on conçoit aisément, nous rapporterons seulement encore les résultats relatifs à la transmission du rayonnement de la lampe Locatelli à travers le cristal de roche, parce qu'ils offrent une forte dissemblance avec le verre dans la valeur numérique de la constante $m+1$. Nous avons vu que, pour le verre, on pouvait très-convenablement la prendre égale à 2,94118; dans le cristal de roche, au contraire, l'équidifférence des produits $(x+m+1)\,z_x$ s'obtient sensiblement exacte depuis 1 jusqu'à 8 millimètres, en prenant $m+1$ nul, comme le montre le tableau ci-dessous, tiré des nombres observés et rapportés page 501 :

Abscisses millimétriques.	1	2	3	4	5	6	7	8
Produit xz_x.	76,76	146,66	215,37	283,16	350,95	418,74	486,43	554,64
Soustraction du précédent.		76,76	146,66	215,37	283,16	350,95	418,74	486,43
Différences premières.		69,90	68,71	67,79	67,79	67,79	67,69	68,21

Ces résultats présentent les mêmes conséquences que ceux du verre, quant à la nature du développement; l'hyperbole équilatère qui s'en déduit est

$$z_x = \frac{10{,}8667 + 67{,}9967 \cdot x}{x},$$

ou, ce qui revient au même,

$$z_1 = 67,9967 + \frac{10,8667}{x}.$$

On ne peut pas ici faire remonter physiquement la branche hyperbolique jusqu'à l'épaisseur zéro, puisqu'elle y donne z_1 infini ; ce qui montre que, dans l'expression complète de z_1, il y a des flux partiels dont l'exponentielle lente est seule entrée dans le développement actuel, l'exponentielle rapide qui complétait l'expression étant éteinte aux épaisseurs où le développement hyperbolique s'étend. Cette vérité analytique, d'ailleurs facile à concevoir, sera montrée tout à l'heure par la restitution des développements à leur forme complète. Mais on peut du moins appliquer la branche hyperbolique aux transmissions comprises entre 1 et 8, pour voir comment elle les reproduit. C'est l'objet du tableau suivant, le même que nous avons déja fait plus haut pour le verre.

Épaisseurs en millim .	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8
Flux hyperbolique....	78,86	75,24	73,43	72,34	71,62	70,71	70,17	69,81	69,55	69,35
	76,76	74,76	73,33	72,46	71,79	70,79	70,19	69,79	69,49	69,32
	+2,10	+0,48	+0,10	—0,12	—0,17	—0,08	—0,02	+0,02	+0,06	+0,02

On voit que les exponentielles rapides doivent être déja presque éteintes à l'épaisseur 1 ou 1,5 ; et depuis là, jusqu'à l'épaisseur de 8 millimètres, la branche hyperbolique, bien différente de celle du verre, satisfait aux observations, de manière à ce que l'on ne peut pas répondre des différences.

Nous avons opéré de même sur toutes les autres séries de

transmissions observées par M. Melloni, et nous rapporterons tout à l'heure les formules de développement hyperbolique qui en résultent. Pour trouver la valeur du nombre $m+1$, qui paraissait convenir le mieux à chacune d'elles, nous y avons pris successivement les transmissions observées z_x, depuis 1 jusqu'à 8 millimètres, et nous les avons respectivement multipliées par l'épaisseur x, augmentée d'un nombre entier, tel que 1, 2, 3, jusqu'à ce que les produits ainsi obtenus approchassent le plus possible de l'équidifférence ; après quoi des essais intermédiaires nous ont donné la fraction qui complétait le nombre entier, obtenu ainsi approximativement. Pour abréger les expressions dont nous ferons usage, nous représenterons dans tout ce qui va suivre le nombre $m+1$ par la seule lettre n.

Maintenant il restait à tirer de là des expressions complètes qui pussent être appliquées à des épaisseurs quelconques. Or, si les considérations précédentes sont physiquement justes, on devait y parvenir, en considérant les formules hyperboliques comme présentant les premiers termes du développement des intégrales définies par lesquelles le flux total était exprimé rigoureusement pour toutes les épaisseurs. A la vérité, le problème envisagé ainsi est indéterminé, puisque le même développement hyperbolique peut être reproduit dans ses premiers termes, par une infinité de groupes d'intégrales définies, représentant autant de flux partiels, de la forme assignée page 490. Mais, dans l'état actuel des observations, cette indétermination est inévitable ; et alors ce qu'il y avait de mieux à faire était de chercher des assemblages de pareilles intégrales, qui, avec la moindre complication possible, fussent

cependant capables de reproduire les développements hyperboliques donnés par l'expérience, et de représenter les observations, non-seulement dans les étendues bornées d'épaisseurs où ces développements sont applicables, mais à des épaisseurs quelconques, conformément aux limites que les inductions physiques indiquent alors pour les transmissions qu'on ne peut pas observer. C'est ce que nous avons fait pour toutes les séries de M. Melloni ; et les expressions complètes que nous en tirons, étant toutes liées, comme nous venons de le dire, aux développements hyperboliques, auront l'avantage de les confirmer, en même temps que nous les confirmerons elles-mêmes par leur comparaison avec quelques transmissions observées à de grandes épaisseurs, lesquelles n'auront pas été employées pour les établir. Nous répétons toutefois que nous ne présentons pas ces formules comme uniques et absolues, mais comme les expressions complètes les plus simples qui se soient offertes à nous.

Rayonnement de la lampe Locatelli à travers le verre.

Nous commencerons par le rayonnement de la lampe Locatelli à travers le verre. La page 515 en présente le développement hyperbolique. L'expression complète qui reproduit ce développement, et l'étend à toutes les épaisseurs, comprend trois flux distincts, d'une facilité d'absorption inégalement rapide, dont les résultats individuels sont détaillés dans le tableau suivant :

TRANSMISSION DU RAYONNEMENT DE LA LAMPE LOCATELLI A TRAVERS LE VERRE (SÉRIE DU 9 AVRIL 1835), CALCULÉE PAR LES VALEURS COMPLÈTES DE TROIS INTÉGRALES DÉFINIES.

Épaisseurs des plaques en millimètres...	0	mm. 0,25	0,5	1	1,5	2
Flux entièrement composé d'exponentielles rapides...	12,94	5,00	2,00	0,35	0,07	0,01
Flux mélangé de rapides et de lentes, où les rapides dominent...	11,88	9,94	8,38	6,04	4,42	3,28
Flux entièrement composé d'exponentielles lentes...	67,48	67,34	66,90	66,33	65,76	65,20
Somme des flux partiels, ou flux total donné par le calcul...	92,30	82,28	77,28	72,72	70,25	68,49
Flux total donné par l'observation...	92,30	81,10	77,45	73,30	70,40	68,20
Excès du calcul en centièmes de la quantité de chaleur incidente...	0,00	+1,18	—0,17	—0,58	—0,15	+0,29

Épaisseur des plaques en millimètres...	3	4	5	6	7	8
Flux entièrement composé d'exponentielles rapides...	insensible	»	»	»	»	»
Flux mélangé de rapides et de lentes, où les rapides dominent...	1,86	1,08	0,64	0,39	0,24	0,15
Flux entièrement composé d'exponentielles lentes...	63,96	63,02	61,94	60,90	59,94	58,95
Somme des flux partiels, ou flux total donné par le calcul...	65,82	64,10	62,58	61,29	60,18	59,10
Flux total donné par l'observation...	65,30	63,40	62,00	60,85	59,95	59,20
Excès du calcul en centièmes de la quantité de chaleur incidente...	+0,52	+0,70	+0,58	+0,44	+0,23	—0,10

N. B. La quantité de chaleur que le flux lent apporterait encore à l'épaisseur de 200 millimètres serait 9,93.

On voit d'abord que la somme des flux calculés reproduit le flux total observé, avec des oscillations d'erreurs dont l'expérience peut à peine répondre ; il reste à assigner les trois intégrales définies dont les valeurs numériques donnent les transmissions rapportées dans le tableau précédent.

Considérons d'abord le flux à absorption lente. Pour former l'intégrale qui l'exprime, on a profité des analogies que suggéraient les transmissions du même rayonnement observées jusqu'à des épaisseurs beaucoup plus grandes, à travers le cristal de roche, l'huile de colza, et même l'eau. Dans ces trois substances, il existe un flux très-lentement absorbable, qui, même pour la dernière, est encore sensible à des épaisseurs de 100 et 150 millimètres ; et lorsque l'on calcule ainsi le progrès de son extinction par les seules épaisseurs de cet ordre, on trouve qu'il comprend encore presque toute la transmission observée à 8 millimètres ; de façon qu'à cette dernière épaisseur tous les autres flux à absorption plus rapide sont presque éteints, même dans le cristal de roche, celle d'entre ces substances où la transmission est de beaucoup la plus facile. On a donc assujetti à des conditions analogues l'intégrale qui devait représenter, pour le verre, la partie la plus lentement absorbable du flux calorifique ; et on l'a astreinte en outre à laisser, dans les épaisseurs de 2 à 8 millimètres, des résidus tels, qu'en les représentant par une autre intégrale plus rapide, mais encore développable, la somme des deux reproduisît exactement, ou presque exactement, toute la portion du flux donnée par le développement hyperbolique. Ces deux conditions réunies ont fourni les deux intégrales suivantes, l'une et l'autre ayant la forme convenue de la page 490, avec la valeur de la constante m, la

même que dans le développement hyperbolique, c'est-à-dire $m+1=2{,}94118=n$.

Flux très-lentement absorbable :

$$\zeta_0 = n\zeta_0 \frac{\omega_2^x\left[1-\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1-\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^n\right](x+n)}.$$

Les valeurs des constantes sont :

$$\zeta_0 = 67{,}48\,; \quad n = 2{,}94118\,;$$
$$\log.\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right) = \bar{1}.98470796\,; \quad \log.\,\omega_2 = 0{,}0000000.$$

La valeur de ω_2 est si voisine de l'unité, que la différence est insensible dans l'étendue des observations, et elle le serait même encore, ainsi qu'on le verra plus loin, à des épaisseurs de 14 et 15 millimètres. Il est impossible de prononcer sur ce qu'elle pourrait devenir au-delà de cette dernière limite, puisque l'on n'a pas d'observations qui puissent en faire juger. Ainsi, dans toutes les épaisseurs moindres, ω_2 peut être supposé égal à l'unité même, sans aucune erreur appréciable. La valeur initiale du flux ζ_0 n'est point une donnée prise dans les expériences, mais un résultat des conditions physiques auxquelles le flux se trouvait assujetti, d'après ce que nous avons expliqué plus haut. Les logarithmes assignés à ω_1 et ω_2 sont tabulaires ; et il en sera toujours ainsi dans les calculs suivants, quand le contraire ne sera pas formellement exprimé. Les valeurs numériques produites par cette première intégrale étant retranchées de la portion du flux total que le développement hyperbolique comprenait, les résidus ont donné la portion des transmissions qui devait être représentée par

une autre intégrale un peu plus rapide quoique encore développable. On a essayé et adopté pour celle-ci la forme suivante où la constante n a nécessairement la même valeur que dans le premier flux :

$$\zeta_1 = n\,\zeta_0 \frac{b_2^x\left[1 - \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1 - \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^n\right]\left(x+n\right)}.$$

Les valeurs des constantes sont :

$$\zeta_0 = 11,88 ; \quad n = 2,94118 ;$$
$$\log. b_2 = \bar{1}.8331460 ; \quad \left(\frac{b_1}{b_2}\right) = 0,0000000.$$

La valeur de b_1 peut être supposée insensible. Ici la valeur initiale du flux est donnée et égale au complément du flux total donné par le développement hyperbolique ; la condition déterminante de l'exponentielle, c'est de compléter ce développement. Et, en effet, si l'on développe réellement les deux intégrales précédentes en série, en laissant $x+n$ au dénominateur, et bornant le numérateur à la première puissance de x, leur somme donne

$$\frac{233,413 + 56,265 . x}{x + 2,94118}.$$

Ce qui est en effet presque identique avec l'expression empiriquement trouvée pour ce développement, page 515. Il est toutefois évident que les nombres calculés d'après les intégrales rigoureuses sont plus exacts et doivent être préférés ; d'autant que les expressions complètes qui les donnent ont maintenant l'avantage de pouvoir être appliquées à des épaisseurs quelconques.

Ces deux premiers flux étant retranchés du flux total, laissent un résidu qui se trouve être, pour l'épaisseur zéro, 12,94, et pour l'épaisseur 0,25, seulement 5; décroissant ainsi avec une grande rapidité pour devenir bientôt insensible à toutes les épaisseurs plus grandes. Ces deux premières valeurs sont les seules qui puissent le signaler avec précision, parce que les suivantes seraient trop petites pour que l'on en pût répondre. De là il suit qu'on peut représenter ce dernier flux d'une infinité de manières, toutes physiquement admissibles, pourvu qu'en reproduisant les deux premières valeurs elles le fassent rapidement s'éteindre au-delà. Dans cette indétermination inévitable, pour conserver toujours la plus grande simplicité physique, on a supposé que les filets calorifiques qui composent ce dernier flux, quoique toujours inégalement absorbables, ont tous d'égales intensités; le plus absorbable l'étant tellement que sa base exponentielle soit comme insensible; c'est-à-dire que l'on a supposé à l'intégrale la forme ordinaire

$$\zeta_x = n\zeta''_0 \frac{a_2^x\left[1-\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1-\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^n\right]\left[x+n\right]};$$

et l'on a pris pour éléments

$$\zeta''_0 = 12{,}94; \quad n = 1; \quad \left(\frac{a_1}{a_2}\right) = 0{,}0000; \quad \zeta''_{0,25} = 5;$$
$$\log. a_2 = 2{,}7357828.$$

La valeur attribuée à $\zeta''_{0,25}$ était plus grande de 1,18 que celle qui complétait le développement hyperbolique, parce qu'en essayant de satisfaire exactement à cette dernière, qui était

3,809, on trouvait une exponentielle qui décroissait trop vite pour compléter le flux total à $x = 1$. On a donc partagé l'erreur, et de là est résultée l'exponentielle a_2 telle qu'on l'a ici rapportée. Il est visible que, d'ailleurs, elle satisfait bien à la condition de rapide extinction que les expériences démontrent.

Maintenant, si l'on compte les constantes arbitraires qui se trouvent ainsi employées pour former cette représentation physique du flux total par nos trois intégrales définies, on trouvera qu'elles sont au nombre de six : savoir, en premier lieu, m déduit du développement hyperbolique; puis ζ_0 et ζ'_0, valeurs initiales des deux flux partiels qui composent ce développement; avec les deux bases également arbitraires ω_1, ω_2 qui leur correspondent; enfin l'exponentielle rapide a_2, car la supposition de $n = 1$, que nous avons appliquée à cette dernière intégrale, ne fait que particulariser une des formes arbitraires qu'on peut lui donner dans l'état d'indétermination où reste nécessairement la question physique. Or, si l'on entreprenait de représenter empiriquement les mêmes observations par une expression composée de trois exponentielles simples, telles que $a\,\alpha^x + a_1\,\alpha_1^x + a_2\,\alpha_2^x$, laquelle comprendrait également six constantes arbitraires, on parviendrait ainsi à le faire avec une approximation de très-peu inférieure, quoique inférieure pourtant à celle que nos trois intégrales donnent; mais quand on essaierait d'appliquer ces expressions empiriques à des épaisseurs plus grandes que celles que nous avons ici employées, comme nous allons effectivement le faire, on trouverait toujours qu'elles s'en écartent, d'autant plus que ces nouvelles épaisseurs seraient plus grandes. Et, outre la réalité du fait que l'on peut constater, la raison physique en est infaillible. Car

chaque exponentielle simple de la forme $a\alpha^x$ représente réellement un flux calorifique qui serait composé d'une infinité de filets ayant tous des bases exponentielles infiniment peu différentes, c'est-à-dire soumis à une même progression commune d'extinction. Or, pour de médiocres intervalles d'épaisseurs, les filets absorbés peuvent être ainsi divisés assez approximativement en trois groupes différents, individuellement homogènes. Mais ce mode d'association n'est plus praticable lorsqu'on veut obtenir des formules qui s'étendent à toutes les épaisseurs petites ou grandes, ou même infinies, parce que la continuité de l'absorption ainsi prolongée, éteignant successivement les exponentielles différentes, exige un nombre de groupes homogènes de plus en plus considérable, pour pouvoir être représentée ainsi tolérablement.

L'aptitude de nos formules à se continuer sans modifications dans ces grandes épaisseurs, va devenir sensible par l'épreuve suivante. Parmi les expériences que M. Melloni a bien voulu faire pour nous, il y en avait une dans laquelle il avait déterminé la transmission du rayonnement Locatelli à travers deux plaques de verre, l'une de $8^{\text{mm.}},274$, l'autre de $6^{\text{mm.}},230$, placées consécutivement. Il était clair que la seconde plaque ne pouvait ainsi recevoir à travers la première que du flux produit par les exponentielles lentes ; et ainsi, puisque l'expression, non pas approchée mais complète de cette espèce de flux, avait été déterminée par nous d'après les observations faites jusqu'à 8 millimètres, on devait, si l'expression était exacte, en déduire la valeur numérique de la transmission à travers les deux plaques superposées. C'est ce que l'on a fait de la manière suivante. La quantité totale de chaleur directe étant toujours exprimée par 100, le système des deux plaques

exposées simultanément transmettait 42,51. Mais il s'opérait sur les surfaces de la seconde plaque une double réflexion dont il fallait tenir compte pour ramener les résultats au cas d'une transmission continue à travers une seule plaque. On a donc pour cela divisé le nombre observé 42,51 par 0,923, ce qui l'a porté à 46,0563. Maintenant, lorsque l'expérience fut faite, la lampe Locatelli était dans un état physique tel que la plaque de verre de 8$^{m.}$,274, qui sert pour ainsi dire de témoin, transmettait seulement 51,21 sur 100 incidents; tandis que, dans la série sur laquelle notre formule du flux lent est construite, ce même verre transmettait 59,02. Il faut donc relever encore le nombre 46,0563 en le multipliant par le rapport $\frac{59,02}{51,21}$, ce qui le porte à 53,0623. Or, si l'on calcule directement par notre formule du flux à absorption lente ce que ce flux doit donner dans le verre pour une épaisseur de 14$^{mm.}$,504 égale à celle des deux verres pris ensemble, le résultat numérique ainsi déduit se trouve être 53,076; c'est-à-dire si voisin de l'observation, que l'on aurait pu à peine espérer qu'une pareille approximation fût possible.

La même méthode de discussion et de séparation des flux partiels, que nous venons d'employer pour le verre, nous l'avons appliquée uniformément à toutes les autres séries de transmission observées par M. Melloni, et dont nous avons rapporté plus haut les tableaux. Elle nous a donné, pour tous ces cas, des expressions analogues, qui diffèrent seulement par la valeur des constantes, et dont l'application s'est trouvée pareillement fidèle dans toutes les épreuves que nous avons pu leur faire subir. Cette analogie de forme nous permettra d'abréger l'exposition que nous en allons donner.

Rayonnement de la lampe Locatelli à travers le cristal de roche limpide.

La page 518 en présente le développement hyperbolique fort différent de celui du même rayonnement dans le verre, surtout relativement à la valeur de la constante *m* qui détermine la répartition des intensités entre les filets d'un même flux. Pour revenir de ce développement à des expressions complètes, il y avait une difficulté particulière provenant de la lenteur excessive de l'absorption au-delà de un ou deux millimètres, ce qui rendait les effets ultérieurs à peine sensibles dans le reste des épaisseurs que les observations embrassaient. Mais heureusement on a pu étendre ces limites à l'aide d'une expérience que M. Melloni avait faite sur la transmission du même rayonnement à travers les deux plaques de cristal de roche les plus épaisses placées consécutivement l'une à l'autre, et formant ensemble une épaisseur totale de $14^{mm},057$. La transmission totale observée à travers ce système était 63,66; mais la comparaison des transmissions à épaisseur égale montre que, dans cette circonstance, l'intensité absolue du rayonnement du Locatelli était plus forte que dans la série générale, selon le rapport de 1006 à 1000; de sorte que pour ramener les résultats à des termes comparables, il faut affaiblir le nombre 63,66 dans le même rapport, ce qui le réduit à 63,28. Maintenant, pour revenir des transmissions successives à la transmission continue, il faut restituer les pertes produites par les réflexions sur les deux surfaces de la seconde plaque, comme nous l'avons fait page 528 pour les plaques de verre;

et l'on y parviendra de même en divisant le nombre 63,28 par 0,923, ce qui le porte à 68,56. Alors ce dernier résultat peut être joint à la série générale des transmissions, dont nous avons donné le tableau page 501, pour le cristal de roche; et il y exprimera la transmission qu'on aurait réellement observée à travers l'épaisseur totale de 14^{mm},057. Nous l'avons employé ainsi, concurremment avec la transmission observée à 7^{mm}, pour déterminer l'expression du flux à absorption lente; et, à l'aide de quelques essais analogues à ceux que nous avons expliqués pour le verre, nous sommes parvenus à envelopper tout le reste du flux dans une autre intégrale unique, avec des écarts dont l'irrégularité et la petitesse tombent dans les limites des erreurs inévitables que les observations comportent. Nous n'avons pas cherché ici, non plus que pour le verre, à introduire de petites modifications des constantes qui auraient atténué encore ces petites irrégularités; car notre but était bien plutôt d'établir la distinction des flux partiels et la forme générale des expressions qui les représentent, que d'atteindre dans leur représentation numérique une précision fictive, que les expériences, tout exactes qu'elles sont, ne comportent point. Par une raison également tirée des réalités physiques, nous avons admis sans difficulté un petit écart de 0,25 sur la transmission initiale relative à l'épaisseur zéro, parce qu'il a pu arriver, et il arrive en effet souvent qu'un léger changement de netteté ou de poli des surfaces augmente tant soit peu les pertes que les réflexions occasionnent, ce qui diminue d'autant la constante initiale 92,3, qui exprime la transmission dans l'épaisseur zéro pour le cas d'un poli complet.

L'expression complète ainsi obtenue pour le cristal de

roche a été soumise à une épreuve très-propre à la confirmer. M. Melloni avait observé une série de transmissions du Locatelli, à travers diverses plaques de cristal de roche enfumé, parmi lesquelles s'en trouvait une dont l'épaisseur s'élevait jusqu'à 86 millimètres. D'après le tableau de ces expériences rapporté page 502, on peut voir que les intensités des transmissions ainsi observées sont, à égale épaisseur, très-peu différentes de celles qui s'opèrent à travers le cristal de roche limpide, lorsque le flux calorifique incident est ramené à un état pareil. En conséquence nous avons essayé si la formule du flux lent de ce dernier cristal, étant appliquée à une telle épaisseur, donnerait une transmission comparable, sinon égale, à celle que M. Melloni a observée dans le cristal enfumé. Or, cet accord a eu lieu en effet avec une telle approximation, que la différence tombe dans les limites d'erreurs comportées par l'expérience, auxquelles il faut ajouter l'inégalité presque inévitable de densité et de constitution intimes qui doivent exister à de telles épaisseurs, même dans un cristal continu. Nous avons joint ce résultat du calcul aux autres transmissions données par nos formules, et l'on en voit ici le tableau général, qui, d'après ce qui précède, n'a plus besoin d'explication.

TRANSMISSION DU RAYONNEMENT DE LA LAMPE LOCATELLI A TRAVERS LE CRISTAL DE ROCHE LIMPIDE, CALCULÉE PAR LES INTÉGRALES DÉFINIES COMPLÈTES.

Abscisses millimétriques......	0	mm. 0,5	1	1,5	2	2,5	3
Flux à absorption rapide en partie développable........	21,88	12,26	7,59	4,93	3,42	2,42	1,86
Flux à absorption lente, complétement développable.....	70,17	70,10	70,04	69,97	69,90	69,83	69,77
Somme, ou flux total calculé...	92,05	82,36	77,63	74,90	73,32	72,25	71,63
Flux total observé...........	92,30	(*) 80,56	76,76	74,76	73,33	72,46	71,79
Excès du calcul.............	—0,25	+1,8	+0,87	+0,14	+0,01	—0,21	—0,16
Abscisses millimétriques......	4	5	6	7	8	14	86
Flux à absorption rapide, en partie développable........	1,11	0,71	0,47	0,33	0,23	insens.	insens.
Flux à absorption lente, complétement développable.....	69,63	69,50	69,37	69,24	69,10	68,33	59,84
Somme, ou flux total calculé..	70,74	70,21	69,84	69,57	69,33	68,33	59,84
Flux total observé...........	70,79	70,19	69,79	69,49	69,33	68,58	59,02
Excès du calcul.............	+0,05	+0,02	+0,05	+0,08	0,00	—0,25	+0,82

(*) Dans la construction graphique des transmissions observées, la courbe monte si rapidement aux petites épaisseurs, que l'on n'apprécierait pas avec sûreté les valeurs des ordonnées qui y correspondent. Pour le faire exactement, il faut commencer par déduire, des transmissions observées à ces épaisseurs, la partie qui est due au flux lent, laquelle étant extrêmement peu variable dans les premières épaisseurs,

Formule du flux à absorption lente :

$$\zeta_x = -\frac{\zeta_0 \omega_2^x}{\log._1\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)} \frac{\left[1-\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^x\right]}{x}$$

(L'indice inférieur appliqué au logarithme indique qu'il est hyperbolique).

Les valeurs des constantes sont :

$$\zeta_0 = 70,17; \quad \log.\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right) = \bar{1},99834607;$$

$$\text{d'où } \log._1\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right) = -0,0038083\,14; \ \log.\ \omega_2 = 0,0000000.$$

La base ω_2 est si voisine de l'unité que la différence ne peut être appréciée dans l'étendue des épaisseurs que les observations embrassent ; de sorte que l'on peut calculer les transmissions dans ces limites d'épaisseur en supposant $\omega_2 = 1$.

---

ne fait que le diminuer d'une quantité commune, quelle qu'elle puisse être, et permet ainsi de mieux voir les petites irrégularités que l'expérience peut y avoir laissé s'établir dans les petites épaisseurs, ne fût-ce qu'à cause du défaut inévitable de parallélisme entre les surfaces des plaques. C'est ainsi que l'on a découvert une petite irrégularité de ce genre, correspondante à l'abscisse $0^{mm},5$, et on l'a corrigée par la loi de continuité entre les observations antécédentes rattachées à la donnée commune 92,3 correspondante à $x = 0$. Puis, quand cette rectification a été faite, on a reconnu qu'elle tenait à une erreur de calcul qui avait été faite dans la réduction de l'observation. Cette erreur, que nous n'avons voulu exprimer qu'ici, affectait en effet la plaque mince dont l'épaisseur est $1^{mm},174$. La correction à y faire est + 0,66 additive ; ce qui fait presque entièrement disparaître l'écart de la formule et de la courbe à cette épaisseur.

Formule du flux rapide en partie développable :

$$\zeta_x = \frac{\zeta_0 b_2^x}{\log._1 \left(\frac{b_2}{b_1}\right)} \frac{\left[1-\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^x\right]}{x}.$$

Valeurs des constantes :

$$\zeta_0 = 21,88; \quad \log. b_1 = \bar{1}.9031534; \quad \log.\left(\frac{b_1}{b_2}\right) = \bar{1}.1255524;$$

$$\text{d'où } \log._1 \left(\frac{b_2}{b_1}\right) = 2,0134900.$$

Calcul des transmissions du rayonnement Locatelli à travers des plaques de verre et de cristal de roche placées consécutivement.

Parmi les observations de ce genre que M. Melloni a faites, nous avons choisi celle où les plaques employées étaient les plus épaisses, parce que cette circonstance, simplifiant la composition du flux transmis, devait rendre plus facile le calcul de son intensité. Ces plaques étaient d'ailleurs les mêmes qui avaient servi aux séries générales. Celle de cristal de roche avait pour épaisseur $8^{mm},122$, celle de verre $8^{mm},274$. Placées en succession, n'importe dans quel ordre, devant le même rayonnement de la lampe Locatelli, la transmission totale du système était 46,51 sur 100 rayons incidents. Observées seules et individuellement, la plaque de cristal de roche transmettait 69,30, la plaque de verre 52,96.

Quoique la transmission totale soit indépendante de l'ordre de permutation des plaques, on va voir que la marche du calcul dépend de cet ordre, et se trouve plus simple quand

la plaque de cristal de roche est supposée antérieure. En conséquence nous considérerons d'abord ce cas-là. Alors, sur 100 rayons incidents, la plaque de cristal en laisse passer 69,30, qui arrivent ensuite à la plaque de verre. Si ces 69,30 étaient constitués comme la chaleur immédiatement émise par le Locatelli, ils devraient se partager dans l'intérieur de la seconde plaque comme le fait cette chaleur, c'est-à-dire en trois flux dont les intensités initiales auraient entre elles les proportions assignées par nos formules générales, et dont l'extinction individuelle suivrait aussi les mêmes lois que ces formules indiquent. Mais il est évident qu'il n'en saurait être ainsi, parce que la plaque de cristal de roche ayant pour épaisseur 8^{mm},122, éteint une proportion dominante des filets calorifiques les plus absorbables; de sorte que le reste ne peut plus fournir à la plaque de verre autant d'éléments d'absorption rapide que la chaleur naturellement émise par le Locatelli en contient. Aussi le calcul fait dans cette supposition de partage proportionnel entre les trois flux du verre, donnerait-il pour la transmission totale du système une valeur beaucoup moindre que celle qu'on observe; et, au contraire, on en trouverait une beaucoup trop forte si l'on supposait que les 69,30 émergents de la plaque de cristal de roche ne peuvent engendrer dans la plaque de verre postérieure que du flux à absorption lente; d'où il suit que le cristal de roche admet dans son flux lent propre beaucoup de filets calorifiques que le verre peut séparer encore en différents flux.

Mais, pour prendre une sorte de milieu physique entre ces suppositions extrêmes, concevons que les 69,30 émergents de la plaque de cristal de roche antérieure aient seulement été séparés par cette plaque de tous les filets qui dans le verre pour-

raient faire partie du flux à absorption rapide, en sorte qu'ils dussent seulement se partager entre les deux autres flux. Dans notre tableau général de la page 521, ceux-ci ont pour valeurs initiales 11,88 et 67,48; mais ce sont leurs valeurs observables affectées des deux réflexions; et les extérieures, dont ils dérivent, sont respectivement $\frac{11,88}{0,923}$ ou 12,871, et $\frac{67,48}{0,923}$ ou 73,109; il faut donc partager nos 69,30 extérieures en deux portions proportionnelles à ces nombres; ou, ce qui revient au même, il n'y a qu'à affaiblir les observables 11,88 et 67,48 dans le rapport de 69,30 à leur somme extérieure 85,98, ce qui les change en 9,5753 et 54,389; après quoi on substituera ces nouvelles valeurs dans les expressions des deux flux du verre, page 523, à la place des valeurs initiales ζ_0 que nous leur avons assignées pour une quantité extérieurement incidente égale à 85,98. Mais, de ces deux flux, le plus lent seul peut traverser en partie une épaisseur de verre égale à 8^{mm},274. L'autre, soumis à des exponentielles plus rapides, est alors presque complètement éteint; et ainsi il ne reste qu'à calculer la transmission opérée par les 54,389 qui éprouvent l'absorption lente. On trouve ainsi pour cette transmission 47,303 au lieu de 46,35 que l'observation donne; la différence 0,95 comprenant les erreurs de l'expérience et celle de la supposition que la plaque de cristal de roche a éteint tous les filets susceptibles de subir dans le verre le mode le plus rapide d'extinction.

Voici un autre résultat en apparence bien extraordinaire, qui pourrait même sembler, au premier coup d'œil, contradictoire au précédent, et qui se résout par les mêmes principes. M. Melloni fit une autre expérience où la plaque antérieure de cristal avait seulement pour épaisseur 2^{mm},820,

et produisait seule une transmission égale à 72,71. La plaque postérieure de verre était toujours 8$^{m.}$,274, comme précédemment. Cependant la transmission totale de ce système si différent du premier se trouva encore être 46,51, c'est-à-dire presque égale à la précédente, et à peine plus forte. Mais la raison de ceci est bien facile à comprendre si l'on jette seulement les yeux sur le tableau des flux partiels dont se compose le flux total du cristal de roche, page 532. Car on y voit qu'à l'épaisseur de 2$^{mm.}$,820, la transmission observée contient encore plus de deux unités, correspondantes à 2,23 incidentes, qui, dans ce cristal, appartiennent au flux rapide; de sorte qu'elles s'y éteindraient à une profondeur un peu plus grande. Or, à plus forte raison, ces 2,23 parties s'éteindraient-elles plutôt dans le verre où elles entreraient nécessairement dans le flux à absorption rapide; et alors le reste de la transmission contenant seulement 70,48 ne pourrait pas donner ensuite dans le verre une transmission supérieure de 0,80 à celle du précédent système, même quand on voudrait supposer, contre toutes les inductions physiques, que la chaleur émergente des 2$^{mm.}$,820 de cristal de roche a été aussi bien dépouillée de ses filets à absorption moyenne que le peut faire la plaque de 8$^{m.}$,122.

Considérons maintenant les transmissions à travers les mêmes systèmes intervertis; et commençons par celui où les deux plaques ont le plus d'épaisseur. Alors la plaque de verre antérieure transmet seule 52,96, lesquels sont composés de filets qui, pour elle, se trouvent presque entièrement compris dans le flux à absorption lente. Mais cette lenteur est encore plus rapide que l'absorption lente du cristal de roche; de sorte que quelques-uns des filets dont il s'agit peuvent

bien se trouver un peu trop absorbables pour s'y propager absolument comme flux lent; et alors une partie que l'on ne peut assigner *a priori*, s'y éteindrait dans l'épaisseur de $8^{mm.}$,122 en vertu du mode d'absorption plus rapide qu'assigne la première intégrale. Pour connaître jusqu'à quel point ce soupçon est fondé, admettons la supposition contraire, c'est-à-dire que les 52,96 émergents du verre antérieur n'engendrent absolument dans le cristal de roche que du flux lent. Alors dans le tableau de la page 532, nous trouvons l'intensité initiale du flux lent observable exprimée par 70,17 lesquels proviennent extérieurement de $\frac{70,17}{0,923}$ ou 76,0238. Puisque nous n'avons ici que 52,96, il faudra affaiblir notre expression générale du flux lent du cristal de roche dans la proportion de ces nombres, et en déduire la transmission correspondante pour l'épaisseur $8^{m.}$,122. On la trouve ainsi égale à 48,235, au lieu de 46,35 que l'observation donne d'après la condition de réciprocité généralement observée par M. Melloni. La différence 1,88 exprime donc ce qui est dû à la réunion des erreurs qui peuvent provenir de l'observation, et de la supposition que les filets émergents du verre antérieur suivent tous dans le cristal de roche postérieur la loi la plus lente d'absorption, ce que probablement les exponentielles propres aux moins lents d'entre eux ne leur permettent pas de faire. Ce résultat numérique, auquel nous venons de parvenir ainsi, aurait pu encore se calculer sans notre formule, en prenant, dans l'expérience même de M. Melloni, la transmission propre de la plaque de cristal de roche, laquelle était de 69,30 pour 100 incidents de chaleur naturelle, et réduisait cette quantité réellement

émergente dans la proportion de 76,0238 à 52,96, comme ci-dessus. Car on trouve ainsi pour la quantité qui doit sortir de la plaque 48,27, nombre à peine différent de 48,235 que nous avons tout à l'heure obtenu par nos formules du flux lent. Cet accord tient à ce que les 69,30, qui sortent effectivement de la plaque de cristal de roche, ne dérivent pas des 100 de chaleur naturelle incidente, mais seulement de la portion de ces 100 parties qui était propre à produire du flux lent, le reste étant éteint avant de sortir de la plaque. L'accord de cette proportionnalité d'émergence avec notre formule du flux lent, donne donc de celle-ci une confirmation nouvelle.

On voit aussi que les résultats précédents fondés sur la décomposition du flux total en flux partiels de transmissibilité inégale, s'accordent aussi bien que possible avec la loi de réciprocité observée par M. Melloni dans toutes ses expériences de transmission à travers des plaques multiples. Car nous trouvons ici 47,35 pour la transmission qui doit avoir lieu quand la plaque de cristal de roche est antérieure; puis 48,235 quand le système est interverti; et dans ces deux cas on voit clairement que la petite différence de ces résultats tient à des circonstances physiques que nous pouvons assigner, quoique nous n'en puissions pas donner la mesure numérique, au moins dans ces premiers essais.

Rayonnement de la lampe Locatelli à travers l'huile de colza épurée.

Le développement hyperbolique se présente avec une grande approximation en faisant la constante $m+1$ égale à 0,75 ou $m = -0,25$; la formule qu'on obtient alors est

$$\zeta_x = \frac{65,291 + 16,05\,x}{x + 0,75};$$

et les transmissions qui en résultent étant soustraites du flux total observé, donnent la partie à absorption rapide non développable, comme le montre le tableau suivant :

Épaisseurs en millim.	0	0,5	1	1,5	2	3	4
Flux hyperbolique calculé.	87,054	58,651	46,478	39,716	36,412	30,248	27,258
Flux total observé. . .	92,300	64,000	48,300	41,000	36,050	30,550	27,750
Flux rapide, et erreurs	+5,246	+5,349	+1,822	+1,284	+0,648	+0,302	+0,492
Épaisseurs en millim.	5	6	7	8	9	10	11
Flux hyperbolique calculé.	25,308	23,936	22,918	22,132	21,508	21,000	20,578
Flux total observé. .	25,650	23,850	22,600	21,700	21,200	20,950	20,850
Flux rapide, et erreurs	+0,342	—0,086	—0,318	—0,432	—0,308	—0,050	+0,272

On voit que les exponentielles les plus rapides prolongent leur influence affaiblie jusque vers 4 et 5 millimètres, beaucoup plus loin que dans le cristal de roche et le verre. On peut prévoir aussi qu'il y a quelques erreurs d'observation vers l'épaisseur 0,5, laquelle masque le décroissement que ce flux y devrait présenter. Dans le calcul des intégrales complètes on a trouvé un peu plus exact de donner à $m+1$ la valeur 0,78826, tant soit peu différente de celle que nous

venons d'employer. Deux intégrales suffisent ici, comme dans le cristal de roche, sans doute à cause de la lenteur de l'extinction. Le tableau suivant montre le progrès des deux flux qui en résultent :

Épaisseurs en millimètres	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6
Flux mêlé d'exponentielles lentes et rapides...	70,57	40,997	27,560	20,008	15,251	9,68	6,61	4,72	3,47
Flux totalement composé d'exponentielles lentes.	21,739	21,606	21,473	21,341	21,213	20,95	20,70	20,45	20,21
Somme, ou flux total calcule	92,309	62,603	49,033	41,349	36,463	30,63	27,31	25,17	23,68
Flux total observé	92,300	64,000	48,30	41,000	36,05	30,55	27,75	27,65	23,85
Excès du calcul........	+0,009	—1,397	+0,733	+0,349	+0,41	+0,08	—0,44	—2,48	—0,17

Épaisseurs en millimètres	7	8	9	10	11	50	100	150	200
Flux mêlé d'exponentielles lentes et rapides...	2,61	1,99	1,54	1,21	0,95	insens.	»	»	»
Flux totalement composé d'exponentielles lentes.	19,97	19,73	19,50	19,27	19,04	12,50	8,08	5,75	4,39
Somme, ou flux total calculé	22,68	21,72	21,04	20,48	19,99	12,50	8,08	5,75	4,39
Flux total observé.	22,60	21,70	21,20	20,95	20,85	12,50	8,08	6,05	5,33
Excès du calcul.	+0,08	+0,02	—0,16	—0,47	—0,86	0,00	+0,00	—0,30	—0,94

Formule du flux à absorption lente :

$$\zeta_x = \frac{n\zeta_0\omega_2^x\left[1-\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1-\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^n\right]\left[x+n\right]}.$$

Les valeurs des constantes sont :

$$\zeta_0 = 21{,}739; \quad n = 0{,}78826; \quad \log.\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right) = \bar{1}.9892601;$$
$$\log.\ \omega_2 = 0{,}0000000.$$

La base ω_2 est si voisine de l'unité que la différence est insensible dans l'étendue des épaisseurs que les observations embrassent; de sorte que l'on peut calculer les transmissions dans ces limites en supposant $\omega_2 = 1$.

Formule du flux à absorption rapide :

$$\zeta_x = \frac{n\zeta'_0 b_2^x \left[1 - \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1 - \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^n\right]\left[x+n\right]}.$$

Les valeurs des constantes sont :

$$\zeta'_0 = 70{,}57; \quad n = 0{,}78826; \quad \log.\ b_2 = \bar{1}.9358265;$$
$$\log.\left(\frac{b_1}{b_2}\right) = \bar{2}.0000000.$$

On voit que la portion du flux qui s'éteint rapidement est bien plus grande ici que dans le verre et le cristal de roche. Les oscillations irrégulières des transmissions observées sont aussi un peu plus grandes que pour ces deux dernières substances. Cela tient à la difficulté plus grande des observations et à un peu plus d'incertitude dans les épaisseurs. On n'a pas cherché à dissimuler ces oscillations par un choix particulier de constantes, ce qui eût été facile. Mais c'eût été cacher inutilement des réalités qu'on ne peut éviter.

Rayonnement de la lampe Locatelli à travers l'eau distillée.

Ici l'on satisfait très-approximativement à la condition d'équidifférence en faisant $m+1=0$, ou $m=-1$; la formule du développement hyperbolique établie sur cette valeur est

$$\zeta_x = \frac{12{,}9775 + 6{,}515\,x}{x},$$

ou, ce qui revient au même,

$$\zeta_x = 6{,}515 + \frac{12{,}9775}{x}.$$

La représentation des transmissions par cette formule dans les limites d'épaisseur où elle est applicable, se voit dans le tableau suivant :

Épaisseurs en millimètres	1	2	3	4	5	6
Flux hyperbolique calculé	19,49	13,08	10,84	9,76	9,11	8,68
Flux total observé	19,33	13,88	11,43	10,03	9,17	8,56
Excès du flux observé	—0,16	+0,80	+0,59	+0,27	+0,06	—0,12

Épaisseurs en millimètres	7	8	9	10	11
Flux hyperbolique calculé	8,37	8,14	7,96	7,81	7,70
Flux total observé	8,23	8,00	7,83	7,73	7,68
Excès du flux observé	—0,14	—0,14	—0,13	—0,08	—0,02

On voit que si l'on se bornait à ces limites d'épaisseurs, la représentation des observations serait aussi parfaite que le comportent leurs irrégularités inévitables. Mais cette forme de développement ne satisferait ni aux épaisseurs moindres, ni aux plus grandes. Les expressions intégrales ont seules cet avantage, et leur accord avec l'expérience est manifesté dans le tableau suivant :

TRANSMISSION DU RAYONNEMENT DE LA LAMPE LOCATELLI A TRAVERS L'EAU DISTILLÉE, CALCULÉE PAR LES EXPÉRIENCES COMPLÈTES DES INTÉGRALES DÉFINIES.

Epaisseurs des plaques en millimètres.	0	0,5	1	2	3	4	5	6
Flux composé d'exponentielles rapides.	81,714	17,29	8,50	3,40	1,73	0,98	0,586	0,366
Flux composé d'exponentielles lentes.	10,057	9,903	9,752	9,460	9,272	8,892	8 650	8,402
Somme ou flux total calculé.	91,771	27,193	18,251	13,360	11,002	9,872	9,236	8,768
Flux total observé.	92,30	25,08	19,33	13,88	11,43	10,03	9,12	8,56
Excès du calcul sur l'observation.	—0,529	+2,113	—1,081	—0,52	—0,43	+0,158	—0,116	+0,208

Épaisseurs des plaques en millimètres.	7	8	9	10	11	50	100	150
Flux composé d'exponentielles rapides.	0,234	0,153	0,101	0,068	insens.	»	»	»
Flux composé d'exponentielles lentes.	8,153	7,933	7,712	7,496	7,296	3,116	1,634	»
Somme ou flux total calculé.	8,387	8,086	7,813	7,564	7,296	3,116	1,634	»
Flux total observé.	8,23	8,00	7,83	7,73	7,68	2,39	1,28	»
Excès du calcul sur l'observation.	+0,157	+0,086	—0,017	—0,176	—0,384	+0,726	+0,35	»

Ces résultats sont déduits des deux intégrales suivantes où les valeurs de la constante m sont un peu différentes de celle qui avait été employée dans le développement hyperbolique,

surtout pour le flux à absorption lente, ce qui servira d'exemple pour confirmer les considérations de la page 511.

Formule du flux à absorption lente; les filets dont ce flux se compose y sont supposés tous égaux en intensité, ce qui donne $m = 0$ ou $m + 1 = 1$; on a ainsi pour ce flux

$$\zeta_x = \frac{\zeta_0\, \omega_2^x \left[1 - \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^{x+1}\right]}{\left[1 - \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)\right]\left[x + 1\right]}.$$

Les valeurs des constantes sont

$$\zeta_0 = 10{,}057; \quad \log.\left(\frac{\omega^1}{\omega_2}\right) = \bar{1}.9728245; \quad \log.\ \omega_2 = 0{,}0000000.$$

Ici, comme dans toutes les séries précédentes, la valeur de ω_2 diffère si peu de l'unité qu'on peut la supposer égale à 1 dans tout l'intervalle d'épaisseurs que les observations embrassent.

Pour le flux à absorption rapide on a pris

$$\zeta_x = \zeta_0' \frac{n\, b_2^x \left[-1 \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1 - \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^n\right]\left[x+n\right]};$$

avec les valeurs suivantes des constantes

$$\zeta_0 = 81{,}714; \quad n = 0{,}162518; \quad \log.\ b_2 = \bar{1}.8716207;$$
$$b_1 = 0{,}00000000;$$

b_1 est assez petit pour qu'on puisse le supposer insensible même pour les épaisseurs les plus faibles auxquelles les observations soient praticables. La valeur très-petite, mais non

pas nulle, donnée ici à n, a paru satisfaire un peu mieux que la valeur $n = 0$ indiquée par l'approximation hyperbolique. La partie de cette approximation qui dépend du développement de la première intégrale, ne produisant que des valeurs presque constantes entre les épaisseurs auxquelles on l'applique, il s'ensuit, comme on l'a vu page 511, que la valeur attribuée à la constante n y a très-peu d'influence ; et de là il résulte que, si l'on eût donné à n la dernière valeur $n = 0{,}162518$ pour former l'approximation hyperbolique, au lieu de supposer cette constante nulle, on aurait encore obtenu une branche d'hyperbole qui aurait suivi les observations d'aussi près, ou plus près même que le tableau de ce développement que nous avons a donné. Il nous eût donc été bien facile d'y remplacer n par sa dernière valeur; mais nous ne l'avons pas voulu faire pour mettre les physiciens à portée de voir, par cet exemple, la latitude que comportent les approximations dont il s'agit.

On voit d'ailleurs qu'ici, comme pour l'huile de colza, la difficulté des observations rend leurs oscillations irrégulières un peu plus grandes que dans les plaques solides.

Rayonnement du platine incandescent à travers le verre.

Ce genre d'observations présente des difficultés particulières à cause de l'affaiblissement rapide de ce rayonnement, que l'on ne peut pas suivre dans de grandes épaisseurs, ce qui laisse nécessairement plus d'incertitude sur les éléments des formules par lesquelles on peut le représenter; néanmoins, avec cette inévitable restriction, la même forme d'intégrales s'applique encore.

Voici d'abord le tableau du développement hyperbolique.

Cette approximation s'opère d'une manière très-satisfaisante, en supposant n égal à 2,5. La formule est

$$z_x = \frac{155{,}18 + 19{,}526\,x}{x + 2{,}5},$$

ou, ce qui revient au même,

$$x = 19{,}526 + \frac{106{,}365}{x + 2{,}5}.$$

Épaisseurs en millim.	00	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
Flux hyperbolique calculé..........	62,07	54,71	50,42	45,85	42,90	38,60	35,62	33,44	31,77	30,46	29,39
Flux total observé..	92,30	62,10	51,52	46,12	42,82	38,32	35,82	33,97	33,32	30,82	29,62
Excès du flux total..	+30,23	+7,39	+1,10	+0,27	−0,08	−0,28	+0,20	+0,55	+0,55	+0,36	+2,23

On voit qu'il reste une portion considérable pour les exponentielles rapides. Voici maintenant le tableau fourni par les intégrales complètes; il a fallu en prendre trois pour embrasser assez précisément les observations :

RAYONNEMENT DU PLATINE INCANDESCENT A TRAVERS LE VERRE, CALCULÉ PAR LES INTÉGRALES DÉFINIES COMPLÈTES.

Abscisses millimétriques..	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
Flux entièrement composé d'exponentielles rapides.	19,06	1,40	0,10	0,01	insens.	»	»	»	»	»	»
Flux mêlé d'exponentielles lentes et rapides......	39,32	27,04	19,12	13,81	10,13	5,64	3,25	1,92	1,15	0,70	0,44
Flux uniquement composé d'exponentielles lentes.	33,92	33,62	33,11	33,05	32,77	32,21	31,67	30,90	30,62	30,11	29,62
Somme, ou flux total calculé................	92,30	62,06	52,33	46,87	42,90	37,85	34,92	32,82	31,77	30,81	30,06
Flux total observé......	92,30	62,10	51,52	46,12	42,82	38,32	35,82	33,97	32,32	30,82	29,62
Excès du calcul.........	0	−0,04	+0,81	+0,75	+0,08	−0,47	−0,90	−1,15	−0,55	−0,01	+0,44

Voici maintenant les expressions desquelles ce tableau est déduit :

Formule du flux à absorption lente :

$$\zeta^x = \frac{n\zeta_0 \omega_2^x \left[1 - \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1 - \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^n\right]\left[x+n\right]}$$

$$\zeta_0 = 33{,}92; \quad n = 2{,}5; \quad \log.\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right) = \bar{1}{,}9847080;$$

$$\log.\,\omega_2 = 0{,}0000000;$$

ω_2 est si voisin de l'unité, que la différence peut être négligée dans l'intervalle d'épaisseur que les observations embrassent.

Formule du flux moyen :

$$\zeta_x = \frac{n\zeta'_0 b_2^x \left[1 - \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1 - \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^n\right]\left[x+n\right]}$$

$$\zeta'_0 = 39{,}32; \quad n = 2{,}5; \quad \log. b_2 = \bar{1}.8331460; \quad b_1 = 0{,}000000;$$

b_1 est si petit qu'on peut le supposer insensible dans les plus petites épaisseurs que les observations peuvent atteindre.

Les deux flux précédents reproduisent le développement hyperbolique. Réunis, ils laissent dans les petites épaisseurs un résidu considérable qui s'éteint si rapidement qu'il devient presque insensible à l'épaisseur d'un millimètre. N'ayant pas d'observations intermédiaires à ces limites pour le caractériser, on s'est borné à le représenter par une exponentielle simple, ce qui suffisait pour reproduire la rapidité de son extinction. Pour cela, on a pris :

$$\zeta_x = \zeta''_0\, a_2^x;$$

les constantes ayant les valeurs suivantes :

$$\zeta''_0 = 19{,}06; \quad \log.\, a_2 = \bar{2}.7320102.$$

Rayonnement du platine incandescent à travers le cristal de roche limpide.

Ici, pour le développement hyperbolique, l'équidifférence s'obtient avec une très-bonne approximation, en prenant $n=7$; alors la formule de ce développement est :

$$z_1=\frac{491,142+29,213.x}{x+7},$$

ou, ce qui revient au même,

$$z_1=29,213+\frac{286,651}{x+7}.$$

Les valeurs des transmissions qui s'en déduisent sont rassemblées dans le tableau suivant :

Épaisseurs en millim.	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Flux hyperbolique calculé.........	70,163	65,044	61,063	57,878	55,272	53,100	51,263	49,474	48,323
Flux total observé..	92,300	65,100	60,55	57,55	55,300	53,300	51,400	49,750	48,400
Excès du flux total.	+22,137	+0,056	−0,51	−0,328	+0,028	+0,200	+0,137	+0,276	+0,077

On voit qu'ici, comme dans le verre, le flux total contient une proportion considérable de rayons calorifiques qui s'éteignent avec une extrême rapidité. C'est ce que montrent encore mieux les intégrales complètes que nous avons été obligé d'employer ici au nombre de trois, comme pour le verre et par cette même cause.

RAYONNEMENT DU PLATINE INCANDESCENT A TRAVERS LE CRISTAL DE ROCHE LIMPIDE, CALCULÉ PAR LES INTÉGRALES COMPLÈTES.

Abscisses millimétriques..	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
Flux entièrement composé d'exponentielles rapides	22,16	2,07	0,19	0,02	insens.	»	»	»	»	»	»
Flux mêlé d'exponentielles lentes et rapides....	37,44	34,77	32,63	30,35	28,50	25,38	22,82	20,70	18,90	17,77	16,03
Flux uniquement composé d'exponentielles lentes.	32,69	32,66	32,41	32,60	32,57	32,51	32,45	32,39	32,33	32,26	32,21
Somme ou flux total calculé...............	92,29	69,50	65,24	62,97	61,07	57,89	55,27	53,09	51,23	50,03	48,24
Flux total observé......	92,3	69,50	65,10	62,50	60,55	57,55	55,30	53,30	51,40	49,75	48,40
Excès du calcul	0,0	0,0	+0,14	+0,47	+0,52	+0,34	—0,03	—0,21	—0,17	+0,28	—0,16

Formule du flux entièrement composé d'exponentielles lentes :

$$\zeta_x = \frac{n\,\zeta_0\,\omega_2^x \left[1 - \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1 - \left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^n\right]\left[x+n\right]};$$

les valeurs des constantes sont

$$\zeta_0 = 32,694; \quad n = 7; \quad \log.\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right) = \bar{1},9983461;$$
$$\log.\,\omega_2 = 0,0000000;$$

ω_2 est sensiblement égal à 1 dans toute l'étendue des épaisseurs observées.

Formule du flux moyen :

$$\zeta_x = \frac{n\,\zeta'_0\,b_2^x \left[1 - \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1 - \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^n\right]\left[x+n\right]},$$

avec les valeurs suivantes des constantes

$$\zeta_0 = 37,442; \quad n = 7; \quad \log. b_2 = \bar{1}.9953359;$$
$$b_1 = 0,0000000;$$

b_1 assez petit pour rester insensible dans les plus petites épaisseurs que les observations puissent atteindre.

Formule du flux rapide. Exponentielle simple comme dans le verre :

$$\zeta_x = \zeta''_0\, a_2^x,$$

avec les valeurs suivantes des constantes

$$\zeta''_0 = 22,164; \quad \log. a_2 = \bar{3}.9406444.$$

Rayonnement du cuivre à 400° dans le verre.

Ici l'équidifférence est donnée très-approximativement pour le développement hyperbolique en faisant n ou $m+1$ nul. Et alors ce développement se présente sous la forme simple

$$z_x = \frac{8,747}{x}.$$

Les transmissions qui s'en déduisent sont rapportées dans le tableau suivant où elles sont mises en comparaison avec le flux total.

Épaisseurs en millim.	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
Flux hyperbolique calculé	17,49	8,75	5,83	4,37	2,92	2,19	1,75	1,46	1,25	1,09
Flux total observé	14,40	9,90	6,68	4,95	2,85	2,03	1,50	1,35	1,28	1,12
Excès du flux total	—3,09	+1,15	+0,85	+0,58	—0,07	—0,16	—0,25	—0,11	+0,03	+0,03

L'excès négatif — 3,09 qui a lieu à l'épaisseur 0,5, montre que déja, à cette épaisseur, la branche hyperbolique qui a l'axe des y pour asymptote, s'élève au-dessus de la courbe réelle; dans tout le reste les écarts sont d'un ordre dont on peut difficilement répondre dans des transmissions si faibles. Ce développement se laisse remplacer avec des écarts un peu moindres par la simple intégrale suivante, dont l'application s'étend à toutes les épaisseurs possibles :

$$z_x = -\frac{92,3}{\log._1 b_1} \frac{(1-b_1^x)}{x};$$

la constante unique b_1 a la valeur suivante :

$$\log._1 b_1 = -10,5521900; \quad \text{d'où } \log. b_1 = \bar{5}.4172423;$$

de sorte que l'expression précédente équivaut à

$$z_x = 8,747 \frac{(1-b_1^x)}{x}.$$

L'extrême petitesse de la branche exponentielle b_1 rend b_1^x insensible, même avant que x soit égal à 1; mais il faut y avoir égard pour calculer $z_{0,5}$. Toutes les transmissions relatives à des épaisseurs plus grandes coïncident donc avec le résultat du développement hyperbolique; c'est du moins à quoi conduisent les observations dans la borne que leur assignent la faiblesse des transmissions et le peu d'épaisseur où on peut les suivre. Nous n'avons pas cru devoir chercher des formules plus composées pour dissimuler une incertitude inévitable. Voici, au reste, le tableau des résultats ainsi complétés :

Rayonnement du cuivre à 400° à travers le verre, calculé par l'intégrale définie.

Épaisseurs en millim..	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
Flux transmis calculé.	92,3	16,6	8,75	5,83	4,37	2,92	2,19	1,75	1,46	1,25	1,09
Flux transmis observé	92,3	14,4	9,90	6,68	4,95	2,85	2,03	1,50	1,35	1,28	1,13
Excès du calcul	0,00	+2,2	−1,15	−0,85	−0,58	+0,07	+0,16	+0,25	+0,11	−0,03	−0,04

Rayonnement du cuivre à 400° à travers le cristal de roche limpide.

Ici l'équidifférence s'obtient très-bien pour le développement hyperbolique en faisant $m+1=1,9=n$. La formule de ce développement qui en résulte est

$$\zeta_x = \frac{31,25293 + 1,7762\,x}{x+1,9}.$$

Le tableau suivant en présente l'application :

Epaisseurs en millim.	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
Flux hyperbolique calculé	16,45	13,39	11,39	9,98	8,93	7,47	6,50	5,70	5,31	4,91	4,59
Flux total observé..	92,30	14,70	11,25	9,70	8,68	7,30	6,60	5,95	5,38	4,93	4,55
Excès du flux total..	+75,85	+1,31	−0,14	−0,28	−0,25	−0,17	+0,10	+0,25	+0,07	+0,02	−0,04

Ici les intensités des transmissions se soutiennent sensibles beaucoup plus loin que dans le verre. Mais, à cela près, les analogies sont évidentes. Ainsi l'on voit de même qu'une portion considérable du flux total est éteinte avant l'épaisseur 0,5; et, en outre, le terme en x, qui dans le verre était sensiblement nul, se trouve ici très-faible. Presque toute la différence consiste donc en ce que les parties du rayonnement les plus transmissibles se propagent dans le verre moins loin que dans le cristal.

Pour passer du développement hyperbolique aux intégrales complètes, nous en avons d'abord fait disparaître le terme en x à l'aide d'un flux composé essentiellement d'exponentielles excessivement lentes, après quoi le reste s'est trouvé aisément expressible par une autre intégrale un peu moins lente; et enfin on a employé une exponentielle simple pour la première portion du flux total dont l'extinction s'opère dans des épaisseurs trop petites pour être observées. La longue propagation du flux lent, et son extension encore sensible aux grandes épaisseurs, est parfaitement confirmée par les observations faites dans le cristal de roche enfumé, où, même à 86^{mm}, l'intensité du flux transmis est encore 0,65. Le calcul fait par notre formule du flux, pour cette même épaisseur, donne 0,91; la différence 0,26 comprenant ce qui peut être dû à la différente nature du cristal, ainsi qu'aux erreurs inévitables des observations. Et cependant cette grande épaisseur 86^{mm} n'était entrée pour rien dans la détermination des constantes de nos formules.

RAYONNEMENT DU CUIVRE A 400° A TRAVERS LE CRISTAL DE ROCHE LIMPIDE, CALCULÉ PAR LES INTÉGRALES DÉFINIES COMPLÈTES.

Épaisseurs en millimètres.	0	0,5	1	1,5	2	3
Flux à absorption rapide	75,851	1,200	0,018	insens.		»
Flux mêlé d'exponentielles lentes et rapides	14,673	11,616	9,613	8,193	7,148	5,676
Flux entièrement composé d'exponentielles lentes	1,776	1,774	1,773	1,771	1,769	1,766
Flux total calculé	92,300	14,59	11,404	9,970	8,917	7,442
Flux total observé	92,30	14,70	11,25	9,70	8,675	7,30
Excès du calcul	0,00	—0,21	+0,154	+0,27	+0,242	+0,142

Épaisseurs en millimètres.	4	5	6	7	8	86
Flux à absorption rapide	»	»	»	»	»	»
Flux mêlé d'exponentielles lentes et rapides	4,725	4,040	3,529	3,132	2,816	0,314
Flux entièrement composé d'exponentielles lentes	1,763	1,760	1,756	1,753	1,749	0,599
Flux total calculé	6,488	5,80	5,285	4,885	4,565	0,913
Flux total observé	6,600	5,95	5,375	4,925	4,55	(*) 0,650
Excès du calcul	—0,112	—0,15	—0,090	—0,040	+0,015	+0,26

* L'observation pour 0^{mm},86 n'a pas été faite avec le même cristal limpide, mais avec un autre canon de cristal de roche enfumé. Elle n'est entrée pour rien dans la détermination des éléments de la formule; et on ne l'a rapportée que pour constater que celle-ci peut en effet s'étendre jusqu'à de telles épaisseurs.

Formule du flux lent :

$$\zeta_x = \frac{n\,\zeta_0\,\omega_2^x\left[1-\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1-\left(\frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^n\right]\left(x+n\right)}.$$

Valeurs des constantes :

$$\zeta_0 = 1{,}7762;\quad n = 1{,}9;\quad \log.\,\omega_1 = \bar{1}{,}9983461;$$
$$\log.\,\omega_2 = 0{,}000000.$$

ω_2 est si voisin de l'unité qu'on le peut supposer égal à 1 dans l'intervalle des épaisseurs que les observations embrassent.

Formule du flux moyen complémentaire de l'hyperbolique :

$$\zeta_x = \frac{n\,\zeta_0\,b_2^x\left[1-\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{x+n}\right]}{\left[1-\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^n\right]\left[x+n\right]};$$

$$\zeta_0' = 14{,}6727;\quad n = 1{,}9;\quad \log.\,b_2 = 0{,}0000000;\quad b_1 = 0{,}000000.$$

b_1 est assez petit pour pouvoir être négligé dans toutes les épaisseurs observables ; et b_2 diffère si peu de l'unité qu'on peut l'y supposer égal à 1.

Formule du flux à extinction rapide :

$$\zeta_x'' = \zeta_0''\,b_2^x;$$
$$\zeta_0'' = 75{,}851;\quad \log.\,a_2 = \bar{4}.3983585.$$

Tout en nous gardant de vouloir présenter les formules précédentes comme offrant l'expression unique et nécessaire des phénomènes qu'elles sont seulement destinées à représenter, il nous semble qu'elles établissent matériellement

l'existence d'une différence numérique considérable et caractéristique entre les portions du flux calorifique qui s'éteignent à des épaisseurs de quelques millimètres, et les portions qui se propagent encore sensibles et appréciables à des épaisseurs 50 ou 100 fois plus grandes. Si l'on peut modifier les valeurs particulières des bases exponentielles que nous avons attribuées aux flux partiels, ainsi que la force relative de leurs coefficients, ce que nous ne prétendons ni affirmer ni nier, il faudra toujours assembler des combinaisons analytiques physiquement équivalentes, c'est-à-dire qui cessent d'être sensibles aux mêmes épaisseurs où notre flux rapide s'éteint. Et ainsi, dans ce que nous aurons désormais à dire sur les expériences de transmission, nous croyons pouvoir employer sans difficulté cette distinction de deux flux intérieurs, l'un rapidement, l'autre très-lentement absorbable, comme exprimant une vérité physique fondamentale dont l'application revient sans cesse, et est sans cesse nécessaire, dans l'étude des phénomènes de transmission de la chaleur rayonnante.

Ayant ainsi fait connaître, d'après les expériences de M. Melloni, les propriétés physiques générales qui s'observent dans la constitution des flux calorifiques, tant celles qui tiennent à leur nature propre, et qu'ils paraissent recevoir dans l'acte de l'émission, que les modifications qu'ils éprouvent dans leur passage à travers les milieux absorbants, il nous deviendra facile de suivre et d'interpréter un grand nombre d'autres expériences importantes que M. Melloni nous a présentées comme autant d'applications de son appareil. Car, non seulement elles en sont en effet des applications très-simples et très-précises, mais encore les phénomènes qu'elles présen-

tent, et dont quelques-uns pouvaient paraître surprenants jusqu'au mystère, n'offrent que des conséquences très-simples des résultats auxquels nous venons d'être conduits : et la preuve la plus évidente que nous puissions donner de cette assertion, c'est qu'il suffira presque d'énoncer les nouvelles expériences dont nous parlons pour que les résultats qu'elles doivent donner se conçoivent d'eux-mêmes.

Prenons d'abord l'expérience par laquelle M. Melloni prouve que la chaleur, en pénétrant les corps sous des incidences obliques, subit une réfraction analogue à celle de la lumière. Pour faire cette expérience il emploie un prisme de sel gemme, substance qui laisse passer avec une facilité sensiblement égale toutes les espèces de flux calorifiques. Choisissons d'abord pour source rayonnante la flamme de la lampe Locatelli. Le prisme étant placé au-devant des diaphragmes qui laissent parvenir jusqu'à lui une partie de cette radiation, M. Melloni le tourne graduellement autour de ses arètes, jusqu'à ce qu'il se trouve amené à peu près à la position que Newton choisissait pour ses expériences, qui est celle où l'image réfractée n'éprouve pas de déplacement appréciable par l'effet d'un petit mouvement de rotation imprimé au prisme. On sait que dans ce cas les angles d'incidence et d'émergence des rayons lumineux sont égaux. Ici l'image lumineuse de la lampe qui se voit par réfraction à travers le prisme sert de guide pour atteindre cette position. Quand on l'a obtenue, on amène l'axe de la pile thermoscopique sur la direction des rayons émergents : une fois qu'elle y est bien placée, on relève les écrans qui lui cachent la source, on attend que l'aiguille du galvanomètre qui a été émue par ces diverses influences revienne à son point de repos : alors on

abaisse de nouveau les écrans, l'aiguille se met aussitôt en marche sous l'influence de la chaleur que le prisme lui amène, et qu'il ne peut ainsi diriger vers elle que par réfraction. L'effet observé étant bien constaté, on détourne doucement l'axe de la pile, soit à droite, soit à gauche de la direction précise où il avait été amené. A mesure qu'on sort ainsi la pile peu à peu de l'espace embrassé par le cône de rayons émergents, tant lumineux que calorifiques, on voit graduellement l'effet éprouvé par la pile s'affaiblir, et enfin s'éteindre en totalité. Mais il renaît par les mêmes degrés, et remonte à son intensité primitive, lorsqu'on ramène de nouveau l'axe de la pile sur l'axe du cône des rayons émergents.

Ici la lumière émanée de la flamme se trouve aussi réfractée par le prisme et amenée sur la face absorbante de la pile par la réfraction. Cette expérience seule, si elle existait, prouverait donc que, dans cette circonstance, la propriété calorifique accompagne la lumière réfractée : elle ne nous ferait pas connaître si ces deux propriétés sont simultanées ou indépendantes. Mais maintenant, pour décider cette seconde question, M. Melloni fait une seconde expérience. Laissant le prisme dans la position qui lui a été donnée pour le flux lumineux, il ôte la lampe et lui substitue une spire de platine incandescent, une lame métallique chauffée à la température obscure de 400°, ou enfin un vase métallique à face noircie, rempli d'eau bouillante. Dans le premier de ces trois cas, il ne se produit que peu de lumière visible; dans les deux derniers il n'y en a plus du tout; et néanmoins, dans ces trois cas, la pile laissée immobile dans la direction qui lui avait été assignée par la direction du flux lumineux, reçoit encore les impressions des flux calorifiques invisibles dont elle mani-

feste l'influence par les déviations correspondantes que l'aiguille en reçoit.

Par un système d'expériences absolument pareil, M. Melloni prouve que pour la chaleur, soit lumineuse, soit obscure, il y a, comme pour la lumière, une certaine limite d'incidence intérieure à laquelle l'émergence des rayons calorifiques cesse d'être possible, de sorte qu'à cette limite, et sous toutes les incidences intérieures plus obliques, la chaleur se réfléchit en totalité sur la seconde surface du prisme, et ressort par la face opposée de l'angle réfringent. Pour établir ce fait, M. Melloni emploie d'abord, comme précédemment, pour source calorifique, la flamme de la lampe dont l'image lumineuse lui sert à amener le prisme de sel dans la position convenable pour que la réflexion totale ait lieu intérieurement; puis ayant aligné la pile sous cette direction, il montre de même qu'il lui arrive une impression calorifique en même temps que lumineuse. Alors, laissant le prisme dans sa position, il remplace la lampe par la spire de platine ou par les sources obscures : le rayonnement calorifique arrive encore au prisme, s'y réfracte, et revient encore sur la pile par la direction déviée que suit la réflexion intérieure. Mais cette fois, n'étant plus mêlé de lumière, il faut bien qu'il ait été ainsi ramené vers la pile par cette réflexion, conséquemment qu'il l'ait subie. Il est presque superflu d'ajouter que le maximum d'action calorifique éprouvé par la pile a lieu sur cette direction même, et s'affaiblit graduellement à mesure qu'on l'en détourne, jusqu'à devenir complètement insensible audelà d'une petite distance angulaire, où la face noircie de la pile est sortie du cône d'émergence formé par les rayons réfléchis.

Nous avons dit que, pour ces expériences, M. Melloni emploie un prisme de sel gemme : la raison en est évidente, et fondée sur la propriété que le sel gemme possède de transmettre avec une excessive facilité toutes les espèces de flux calorifiques. Toute autre espèce de prisme, verre, cristal ou liquide, n'aurait pas été applicable; car en lui donnant l'angle nécessaire pour produire une déviation notable dans les rayons, il aurait fallu donner une épaisseur correspondante à sa masse angulaire, et alors cette épaisseur aurait inévitablement arrêté une proportion de rayons calorifiques énorme; ce qui aurait atténué d'autant l'effet observable, et peut-être l'aurait rendu insensible, surtout pour les sources calorifiques obscures. Ce phénomène inévitable de leur rapide extinction à travers les substances diaphanes autres que le sel gemme, était même jusqu'à présent pour les physiciens un obstacle presque invincible à ce qu'ils pussent constater la réfraction propre de la chaleur seule séparée de toute lumière, comme vient de le faire M. Melloni.

Néanmoins on peut se demander théoriquement ce qui arriverait à un flux calorifique que l'on ferait ainsi réfracter par un prisme diaphane qui ne serait pas de sel gemme. Il arriverait évidemment que les parties du flux qui pénétreraient le prisme très-près du sommet de son angle, se transmettraient abondamment quelle que fût leur nature, parce qu'elles n'auraient qu'une épaisseur infiniment petite à traverser, et que, avec de très-petites épaisseurs, toutes les substances transmettent. Puis, il y aurait des parties du flux qui pénétreraient le prisme dans une épaisseur plus grande; celles-là y laisseraient une partie de leurs rayons les plus absorbables. Cette extinction augmenterait pour les parties du

flux qui pénétreraient le prisme à de plus grandes épaisseurs; et enfin au-delà d'une limite de quelques millimètres, il n'y aurait plus que les seuls rayons les plus transmissibles qui pourraient passer. On aurait donc ainsi un flux calorifique émergent très-affaibli, et surtout très-différent du flux primitif, par l'espèce d'épuration inégale que ses parties auraient subie à travers les diverses épaisseurs qu'elles auraient traversées. Conséquemment, si l'on cherchait à déterminer quelle est la distribution de la chaleur dans un spectre calorifique émergent ainsi formé, on trouverait cette distribution nécessairement différente, selon la nature de la source d'abord, puis, et bien davantage, selon la nature de la substance employée pour fabriquer le prisme, selon l'angle que l'on aurait donné à celui-ci, et enfin selon la partie de son épaisseur à travers laquelle on aurait fait passer le flux calorifique pour opérer sa réfraction. Or, comme l'a parfaitement remarqué M. Melloni, voilà justement ce qui est arrivé aux différents observateurs qui ont cherché à déterminer la distribution de la chaleur dans les diverses parties du spectre obtenu par la réfraction des rayons solaires. Car le flux calorifique solaire, quoique extrêmement abondant en rayons éminemment transmissibles, n'est pas cependant homogène, et contient encore un mélange très-sensible de rayons inégalement absorbables, comme M. Melloni l'a directement prouvé en l'analysant par des expériences de transmission à travers des plaques de nature et d'épaisseur diverses. De là il résulte qu'il doit éprouver dans sa réfraction à travers des prismes des effets précisément analogues, ou plutôt exactement pareils à ceux que nous avons décrits tout à l'heure théoriquement pour un flux calorifique quelconque émané des sources terrestres : et

ainsi la distribution de la chaleur, étudiée dans le flux solaire émergent, doit varier de la manière en apparence la plus mystérieuse comme la plus irrégulière, par toutes les causes que nous avons détaillées plus haut. Cela explique à l'instant toutes ces diversités trouvées par les différents observateurs sur la position absolue du maximum de chaleur dans le spectre solaire réfracté. Mais on voit aussi par là qu'il y a un moyen, un seul, de connaître la véritable distribution des intensités calorifiques dans le spectre; c'est de le réfracter par un prisme de sel gemme, qui sépare seulement les rayons calorifiques les uns des autres, en vertu de leur réfrangibilité inégale, sans absorber aucune portion sensible d'aucun d'entre eux. Voilà aussi ce que M. Melloni a fait, guidé par ses précédentes découvertes; et il a trouvé, non seulement que l'intensité calorifique va en croissant vers les parties de spectre les moins réfrangibles, comme on l'avait déja aperçu, mais qu'elle va encore en croissant beaucoup au-delà des derniers rayons visibles ; de manière que le *maximum* est séparé de ces derniers rayons qui sont les rouges extrêmes, par un intervalle considérable, décelant ainsi, en quelque sorte, l'existence d'un flux calorifique propre, indépendant du flux lumineux. En soumettant les parties de ce même flux à des expériences de transmission qui, d'après ce que l'on a vu plus haut, permettent d'en faire réellement l'analyse, M. Melloni a reconnu que la partie de beaucoup la moins transmissible du flux calorifique est située vers l'extrémité rouge du spectre, et qu'au contraire les rayons les plus transmissibles, ceux qui peuvent pénétrer plus profondément l'intérieur des substances diaphanes, sans s'éteindre dans les premières couches voisines de leur surface, sont les rayons

calorifiques situés vers l'extrémité violette; de sorte que ces rayons sont aussi en même temps les plus réfrangibles. La seule intuition de ces propriétés a fourni d'abord à M. Melloni l'explication évidente des diversités que l'on trouve dans la position du maximum de température sur l'étendue du spectre solaire lorsqu'on le forme avec des prismes de différente nature ou de différentes épaisseurs. Mais, en outre, le fait important de cette plus grande réfrangibilité attachée aux rayons calorifiques les plus transmissibles, réfrangibilité qui les porte nécessairement toujours vers l'extrémité violette du spectre lumineux, renferme peut-être la cause cachée pour laquelle les physiciens avaient trouvé précédemment que les parties du spectre solaire voisines de l'extrémité rouge semblent plus spécialement propres à produire les effets calorifiques, tandis que les parties situées vers l'extrémité violette paraissent spécialement aptes à produire des effets chimiques, et à déterminer des combinaisons.

Une autre expérience de M. Melloni qui semble se rapporter au même principe, c'est l'extrême diversité, la variété tout à fait irrégulière qu'il a trouvée dans les facultés absorbantes des faces de sa pile thermoscopique, lorsque, après avoir recouvert l'une d'elles d'un certain vernis, et l'autre d'une couche de noir de fumée qui absorbe également bien tous les rayons calorifiques, il les a ainsi exposées tour à tour au rayonnement d'une même source, de la lampe Locatelli par exemple, transmise à travers des plaques diaphanes de différente nature. Car, selon l'espèce de ces plaques, et aussi selon leur épaisseur, elles transmettent réellement à la pile des flux calorifiques constitués différemment, c'est-à-dire qui ont perdu, dans le trajet à travers les différentes plaques, une pro-

portion différente des rayons de qualité diverse qui les composaient primitivement. Ces modifications étaient indifférentes pour la face noircie de la pile qui absorbait également les rayons de toute espèce; ou du moins elle n'y ressentait que l'affaiblissement de leur intensité totale que l'on faisait disparaître en amenant toujours cette intensité à un terme commun de comparaison. Mais pour la face vernie, blanchie, par exemple, outre les variations d'intensité du flux transmis, il y avait encore la différence de sa qualité, qui la lui rendait plus ou moins facile à absorber ou à réfléchir. Aussi, de toutes les substances essayées, celle dont le flux transmis a excité dans la face blanchie de la pile la moindre élévation de température, proportionnellement à son intensité, a été l'alun, qui n'a pu avoir été traversé que par les seuls rayons les moins susceptibles d'absorption intérieure; et au contraire celle de toutes les substances dont l'action calorifique transmise sur la face blanche s'est montrée la plus efficace, a été le flux calorifique qui avait traversé un verre noir opaque, par lequel tous les rayons lumineux qui composent l'image solaire étaient complètement éteints. Or, puisque le verre noir éteignait si bien ces rayons, ne devait-il pas aussi, par analogie, arrêter plus spécialement les rayons calorifiques les moins absorbables, et transmettre ainsi à la face de la pile un flux proportionnellement plus facile à absorber, conséquemment plus propre à élever sa température? Nous voyons ici reparaître une distinction d'effets analogue à celle que présente le spectre calorifique solaire, où les rayons les plus aisément absorbables se montrent aussi les plus aptes à échauffer les corps.

Ceci nous a pour ainsi dire conduits par anticipation aux

expériences que M. Melloni a faites pour étudier directement le pouvoir émissif et absorbant des surfaces des corps dans l'acte du rayonnement; mais la discussion dans laquelle nous venons d'entrer, aura l'avantage de rendre plus complète l'intelligence d'ailleurs très-facile de ces phénomènes. M. Melloni a d'abord répété avec son instrument les expériences déja faites sur le rayonnement des surfaces à des températures inférieures ou égales à l'ébullition de l'eau. Il a employé pour cela, comme corps rayonnant, la disposition ordinaire : un vase cubique de métal à minces parois, recouvert de noir de fumée sur une de ses faces, et sur les autres des divers enduits dont on veut éprouver comparativement les pouvoirs de rayonnement ou d'absorption. Ce vase était rempli d'eau entretenue à la température de l'ébullition par la flamme d'une lampe à alcool placée sous sa base. En tournant successivement chacune de ses faces latérales vers la face noircie de la pile, M. Melloni observe l'intensité relative des pouvoirs d'émission. Pour rendre la pile plus sensible à ces faibles rayonnements qui émanent de telles températures, M. Melloni l'arme d'un réflecteur conique dont la bouche est tournée vers la source de chaleur. Il a trouvé ainsi, pour ces limites de température, des rapports de faculté rayonnante qui s'accordent généralement avec ceux que l'on connaissait déja; mais les nombres qui les expriment se trouvent ainsi déterminés d'une manière infiniment plus exacte et plus sûre qui permettra de les employer numériquement avec sécurité.

Ceci donne les pouvoirs d'émission. Pour éprouver les pouvoirs d'absorption, M. Melloni taille dans une même lame de métal très-mince, des disques circulaires égaux et plus larges que la bouche de l'entonnoir réflecteur qui arme la

pile : il fixe à chacun de ces disques une petite tige d'ivoire qui permet de les substituer l'un à l'autre au devant de la pile sur un même support. Chaque disque a l'une de ses surfaces couverte de noir de fumée, et celle-là est toujours celle qu'on tourne vers la pile afin de transmettre à celle-ci abondamment et avec une facilité égale dans toutes les expériences la chaleur thermoscopique que l'autre face tournée vers la source aura absorbée. Cette autre face est recouverte par l'espèce d'enduit dont on veut mesurer la faculté absorbante, et tous les résultats se comparent à l'absorption opérée dans les mêmes circonstances par un disque pareil dont les deux faces sont noircies (1).

En comparant les actions ainsi exercées sur la pile en vertu de l'absorption des surfaces, aux impressions produites sur elles par les rayonnements des mêmes substances, M. Melloni a mis hors de doute cette loi importante pour la théorie de de la chaleur, savoir : que deux substances ou plutôt deux couches superficielles qui exercent un égal pouvoir d'émission à une certaine température, ont aussi, à cette même température,

---

(*) Un physicien célèbre nous a fait observer que les résultats ainsi obtenus ne donnent pas immédiatement les rapports des pouvoirs d'absorption entre eux, à cause du refroidissement opéré par le contact de l'air sur les disques, et qu'ils exigent une correction dépendante de cette cause. Mais ils suffisent pour prouver ce que M. Melloni a voulu établir, savoir, l'égalité ou l'inégalité des pouvoirs d'absorption de deux substances comparées l'une à l'autre. Le même savant admettait que les expériences de M. Melloni sur l'émission ne demandent pas une correction pareille, et qu'elles donnent immédiatement les rapports des pouvoirs d'émission.

Note du rapporteur.

un égal pouvoir d'absorption, de sorte que ces deux facultés sont complémentaires l'une de l'autre. Mais en outre il a découvert cet autre fait, qui du reste était une conséquence rigoureuse de la diverse nature des rayons émis par différentes sources, c'est que deux substances, par exemple le blanc de céruse et le noir de fumée, qui à la température de l'eau bouillante et au-dessous, se trouvent être égales en pouvoir émissif et en pouvoir absorbant, ne conservent point nécessairement la même relation d'égalité, et même, dans ce cas-ci, la perdent, lorsqu'on répète la comparaison à des températures plus hautes, tellement qu'elles peuvent offrir alors des inégalités considérables. Ainsi, pour le blanc de céruse et le noir de fumée, par exemple, l'égalité qui a lieu dans les températures basses, est remplacée par le rapport de 1 à 2 quand le flux calorifique employé est le rayonnement de la lampe Locatelli; de sorte qu'alors le pouvoir absorbant apparent de la face blanchie est seulement la moitié de celui de la face noire. M. Melloni n'a pas pu répéter dans ce second cas la comparaison des pouvoirs émissifs, parce que la couche de blanc de céruse s'altère physiquement et chimiquement à des températures si élevées; mais, d'après la relation naturelle de l'absorption avec l'émission, il est très-probable que la même proportion d'infériorité y existe pour le rayonnement de la face blanchie. Ces résultats, en apparence extraordinaires, n'ont rien que de très-simple et de très-facile à concevoir d'après les expériences antécédentes de M. Melloni; puisque dans les expériences faites à diverses températures, les flux calorifiques qui pénètrent les deux substances, ou qui tendent à s'échapper de leurs couches intérieures, sont nécessairement, d'après ces expériences mêmes, diversement constitués quant à la nature

et au groupement de leurs rayons; en sorte que, s'il y a eu égalité d'absorption, par exemple à de basses températures où le flux incident était constitué d'une certaine manière, ce n'est nullement une raison physique pour que la même égalité d'absorption subsiste encore quand le flux calorifique incident sera d'une autre nature et constitué différemment.

Pour faire ainsi avec certitude la comparaison des pouvoirs absorbants ou émissifs, et en obtenir des mesures certaines, il fallait s'assurer que la couche de noir de fumée appliquée sur la surface de la pile absorbe également bien les flux calorifiques émis par toutes les espèces de sources à des températures quelconques. La pile étant armée de son entonnoir conique, M Melloni en approche la source qu'il veut éprouver beaucoup plus qu'il ne le fait dans toutes ses autres expériences; et comme l'intensité d'action calorifique exercée alors sur la pile serait excessive pour le galvanomètre, il la lui transmet affaiblie à travers une certaine longueur de fil de fer très-fin. Il approche la source jusqu'à ce que cette action affaiblie produise sur le galvanomètre une certaine déviation constante, par exemple de 30°. Cela fait et reconnu, il interpose dans le trajet de la source à la pile, toujours à la même distance de cette dernière, un disque métallique très-mince, noirci sur ses deux faces, et il ôte le fil de fer. L'action directe de la source se trouvant arrêtée par le disque, la pile n'en reçoit plus que la portion affaiblie que le rayonnement propre du disque noirci lui envoie. Cette action peut donc sans danger être immédiatement transmise au galvanomètre, et la déviation qui en résulte étant comparée à celle que produisait l'action directe à travers le fil de fer, donne un certain rapport des forces ainsi observées. Or, ce rapport reste invariable

ment le même, quelle que soit la nature de la source calorifique dont on fait usage, pourvu que l'on modifie toujours sa distance à la pile, de manière que son action directe sur la pile, affaiblie par l'interposition du même fil de fer, amène toujours l'aiguille du galvanomètre à la même déviation primitive. Il est évident que cette constance prouve aussi que le disque noirci que l'on interpose absorbe toutes les espèces de flux calorifiques avec une égale facilité, et en reçoit une égale faculté de radiation pour des intensités primitives égales.

On voit ici tout ce que ce genre d'expériences offre de carrière aux physiciens chimistes qui sauront les faire servir à étudier les modifications que les flux calorifiques subissent dans l'intérieur des corps, leur aptitude à y pénétrer, à s'y absorber, à s'y transmettre, à y développer des élévations de température ou des effets chimiques; et aussi de la part des corps eux-mêmes, les conditions d'agrégation ou de constitution qui les rendent aptes à subir plus ou moins facilement ces divers effets. Quoi de plus intéressant à chercher et à découvrir que ces conditions de la faculté absorbante si immensément différentes dans des substances comme l'alun et le sel gemme, toutes deux également diaphanes, et toutes deux ayant le même mode de constitution cristalline; puis, en même temps, cette faculté se retrouvant pareille dans tous les sens par rapport à la direction des molécules intégrantes, par exemple dans tous les sens du cristal de roche; et ensuite que ces mêmes substances si contraires en propriétés, l'alun et le sel gemme, étant l'une et l'autre dissoutes dans l'eau à saturation en proportion considérable, n'y produisent presque pas de différence sensible! Ces phénomènes et tant d'autres qui se présentent à l'esprit, deviennent aujourd'hui pour

nous des objets de méditation accessibles, lorsqu'il y a quelques années nous n'aurions pas même pu soupçonner leur existence; et en même temps, par un rare bonheur, ils deviennent aussi, par les méthodes de M. Melloni, susceptibles de déterminations exactes, mesurables et faciles, puisque l'application de ces méthodes ne demande que les soins indispensables par lesquels l'exactitude numérique des résultats peut être assurée. Tels sont les services que la physique doit aujourd'hui attendre des moyens nouveaux d'observations que M. Melloni a créés. Nous avons dit plus haut tout ce qu'elle doit déja à ses découvertes. Cette exposition a dû suffire pour donner à l'Académie une juste idée de leur valeur sans qu'il soit besoin d'y joindre de nouveaux éloges : en conséquence nous proposerons seulement à l'Académie de donner son approbation aux expériences que M. Melloni lui a soumises, et de décider que son Mémoire sera imprimé dans le recueil des Savants étrangers.

F. Arago, Poisson, Biot, *Rapporteur*.

NOTE ADDITIONNELLE.

Quoique les expériences rapportées page 449 pussent paraître suffisantes pour établir avec certitude que les impressions reçues par la pile, et communiquées au galvanomètre, sont proportionnelles aux quantités de chaleur émises par les sources rayonnantes que l'on fait agir sur elle, cependant, comme cette proportionnalité est prise pour base fondamentale dans toutes les déductions de M. Melloni, il lui a paru, ainsi qu'à nous, qu'il serait utile d'en obtenir une nouvelle confirmation par l'épreuve à la fois

la plus directe et la plus simple, celle de l'affaiblissement de l'action en raison inverse du carré des distances pour une même source placée à des distances diverses. Pour faire cette expérience délicate, M. Melloni a employé une spire de platine incandescent, aplatie dans le sens du plan vertical mené par l'axe de la flamme qui chauffait cette spire, flamme qui était cachée à la pile, et aplatie dans le même sens que la spire. En outre, les dimensions de la partie active de cette spire étaient limitées par un diaphragme, de manière à être moindres que l'ouverture du tube horizontal dont la pile est enveloppée. Après avoir aligné exactement le plan de la spire sur l'axe de la pile, on a successivement amené le centre de la spire à des distances de la face de la pile, diverses et soigneusement mesurées. Les résultats ont été tels que le montre le tableau suivant :

Distances à la face noircie de la pile. D	Intensités relatives des actions éprouvées par la pile et manifestées par le galvanometre. I	Produit de l'intensité par le carré de la distance. $I \cdot D^2$
100	10,34	10340,0
70	21,10	10339,0
60	28,73	10342,8

La constance presque rigoureuse des produits contenus dans la dernière colonne montre que la loi du carré des distances a lieu ici avec toute l'exactitude que l'on peut physiquement espérer.

Nous profiterons de cette note pour ajouter que l'expérience sur les rayonnements des disques noircis, rapportée page 569, nous a paru, ainsi qu'à M. Melloni, exiger quelques développements ultérieurs pour établir complètement l'égale facilité d'absorption de tous les rayonnements attribués à des disques ainsi préparés. M. Melloni a commencé sur ce point des expériences qui n'ont pas pu être terminées à temps pour être rapportées ici.

MÉMOIRE

SUR

LA PSORENTÉRIE,

OU

CHOLÉRA DE PARIS.

PAR MM. SERRES ET NONAT.

Le travail que nous publions aujourd'hui ne doit être considéré que comme le développement d'un mémoire que nous avons lu à l'Académie des Sciences, le 22 avril 1832, sur le choléra qui, à cette époque, ravageait la capitale.

Dans ce mémoire nous avons exposé les idées que nous nous sommes faites du choléra asiatique; nous avons donné le résumé des phénomènes qui ont passé sous nos yeux. Déja l'un de nous, M. Serres, rapprocha le choléra de la fièvre entéro-mésentérique, que, depuis les recherches qui lui sont communes avec M. Petit, on a désignée de différentes manières. Mais qu'on l'ait appelée fièvre typhoïde, gastro-entérite

grave, dothinentérie, entérite folliculeuse, qu'importe, c'est dans les plaques de Peyer et dans les ganglions mésentériques qu'on est obligé d'en chercher les caractères anatomiques.

Il en sera probablement de la psorentérie comme de la fièvre entéro-mésentérique, on pourra lui donner diverses dénominations; mais l'éruption granuleuse que nous avons signalée et décrite restera la lésion principale et distinctive du choléra épidémique et sporadique.

En effet, soit qu'on accorde une plus ou moins grande valeur aux granulations intestinales; soit qu'on pense qu'elles sont une simple hypertrophie des glandules de Brunner, comme on a supposé que les pustules de la variole ne sont qu'un développement insolite de l'une des parties de la peau; le fait reste le même. Contentons-nous présentement de faire remarquer : 1° que de toutes les altérations organiques, l'éruption granulée s'est montrée la plus constante; 2° qu'il existe un rapport exact entre l'étendue de l'éruption et la gravité des symptômes; 3° que les granulations intestinales ont suivi la même marche que la maladie. D'ailleurs nous reviendrons sur ce sujet.

Après que nous eûmes fixé l'attention des pathologistes sur l'éruption granuleuse, et que nous eûmes attaché à la présence ou à l'absence de cette éruption les principaux phénomènes de la maladie, on se rappela les indices qu'en avaient donnés quelques auteurs.

Ainsi M. le docteur Sanson jeune porta l'attention sur le développement des glandules de Peyer et de Brunner d'une manière spéciale, en accordant à ce développement insolite une valeur plus grande que ne l'avaient fait MM. Romberg, de Berlin, Scoutetten, Gaymard et Gérardin, etc.

Mais ces altérations qui forment le caractère dominant de la fièvre entéro-mésentérique, ne pouvaient rendre compte des phénomènes que présente le choléra. Aussi dans les premiers jours de l'épidémie, l'idée que le siége de la maladie pouvait avoir lieu sur les intestins, fut-elle délaissée, pour lui substituer plusieurs autres opinions qu'il n'est pas de notre sujet d'examiner ici.

Nous avons divisé notre travail en deux parties : l'une est consacrée à l'exposé des faits, et forme la base de ce mémoire; l'autre résume ces faits, les groupe et les coordonne : elle sera l'objet d'un second mémoire.

PREMIÈRE SÉRIE DE FAITS.

GRANULATIONS RUDIMENTAIRES.

PSORENTÉRIE CONFLUENTE.

Observation 1re.

Legendre, Louis, journalier, âgé de 58 ans, doué d'un tempérament bilieux, d'une constitution détériorée, entra à l'hôpital le 2 septembre.

Privé de travail depuis plusieurs mois, Legendre était plongé dans la plus profonde misère.

Le 1er septembre, à onze heures du soir, il fut pris de diarrhée, bientôt suivie de vomissements et de crampes.

Le 2, face amaigrie, altérée; œil enfoncé dans l'orbite, conjonctive injectée, pupilles normales; narines pincées; céphalée sus-orbitaire; langue violacée, froide, humide; soif ardente, appétence des boissons froides; vomissements aqueux et mêlés de flocons blancs, sans amertume, déjections abondantes et semblables à une décoction de riz ou de gruau; ventre indolent avec ou sans pression; paroi de l'abdomen légèrement tendue, donnant à la percussion un son mat dans quelques points, et un son humorique dans d'autres, borborygmes; quelques coliques de loin en loin; absence complète d'urine; respiration anxieuse; étouffements au niveau de la région précordiale. L'expansion pulmonaire s'entendait plus forte que dans l'état habituel : elle était presque puérile; sonoréité normale du thorax; impulsion du cœur à peine sensible, bruit sourd et obscur; il semble que le cœur ne fasse plus qu'osciller; pouls radial (90 par minutes), petit, dépressible; l'aorte et le tronc cœliaque repoussaient encore la main placée sur l'épigastre.

La peau commençait à perdre son élasticité; elle était froide, glacée, pour ainsi dire, aux membres et à la face, tandis que le tronc conservait sa chaleur, tandis que l'abdomen était brûlant. Des crampes violentes agitaient tous les membres, et se répétaient souvent. La voix était cassée; la sensibilité intacte, ainsi que l'intelligence.

Vingt-quatre grains d'ipécacuanha en deux fois, limonade

citrique glacée, potion de Rivière, eau de Seltz, cataplasmes laudanisés, frictions et sinapismes sur les membres.

L'ipécacuanha produisit des vomissements abondants; le malade parut moins anxieux; mais ce soulagement ne fut que momentané. Au bout de quelques heures, la respiration s'est embarrassée davantage, le pouls a cessé de battre, la cyanose envahit les membres, et le 3 septembre, à une heure du matin, Legendre avait succombé. La diarrhée se montra peu abondante depuis l'emploi de l'ipécacuanha.

Nécropsie.—*Appareil extérieur.* — La cyanose, moins prononcée que pendant la vie, n'occupait plus que les extrémités et principalement la pulpe des doigts. Les membres avaient repris de la chaleur; ils étaient presque en équilibre avec la température du tronc. Ce phénomène nous a paru constant chez les cholériques dont nous fîmes l'ouverture huit ou dix heures après la mort. La roideur cadavérique commençait à naître.

Nous n'avons rien observé du côté des yeux.

Appareil digestif. — Cavité buccale et pharynx : rien d'intéressant. L'œsophage était parsemé de granulations entourées à leur base d'une auréole rougeâtre; des mucosités incolores et visqueuses adhéraient à sa surface interne. L'estomac était rempli de matières liquides, incolores, floconneuses et semblables aux substances rendues par les vomissements. Sa membrane muqueuse était parsemée de points et de plaques rouges, ce qui lui donnait un aspect marbré. Cette teinte rouge était due, en grande partie, aux vaisseaux sous-muqueux. Des granulations miliaires et blanchâtres se distinguaient surtout près du pylore. Dans le grand cul-de-sac, la membrane interne était notablement amincie et ramollie.

Duodénum et jéjunum. — Les matières contenues dans cette portion du tube digestif étaient mêlées de nombreux flocons. Leur teinte, d'abord blanchâtre, devenait d'autant plus rosée qu'on descendait vers l'iléon. Une couche de substance crémeuse adhérait à la membrane interne. Au-dessous de cette substance, on remarquait une injection presque générale des vaisseaux sous-muqueux ; quelques plaques de Peyer étaient d'un rouge foncé. Examinées sous l'eau et au soleil, les villosités semblaient boursouflées. A l'œil nu, on n'apercevait qu'un petit nombre de granulations; mais, à la loupe, la membrane interne nous offrait une multitude de granulations rudimentaires. Nous ne saurions en donner une meilleure idée qu'en les comparant aux bourgeons charnus d'un vésicatoire récemment en suppuration.

Iléon. — Mêmes matières floconneuses et sanguinolentes; même rougeur de la membrane muqueuse. Les granulations étaient visibles à l'œil nu; elles avaient le volume d'un grain de millet, la plupart manquaient de dépression centrale. Les plaques de Peyer étaient rouges, mais non boursouflées.

Gros intestins. — Liquide sanguinolent d'une couleur lie de vin. La membrane interne avait une couleur rouge, brunâtre, disposée par larges plaques qui simulaient de véritables ecchymoses. Il était facile d'éviter cette méprise, en plaçant l'intestin entre l'œil et la lumière. On découvrait ainsi les capillaires qui, par leur injection, donnaient à la membrane muqueuse une coloration brune et uniforme. Nous avons, en outre, aperçu de nombreuses granulations avec dépression centrale. Les ganglions mésentériques étaient sains; le foie gorgé de sang noir et fluide; sa vésicule distendue par un liquide d'un vert foncé, brunâtre. La rate, presque exsangue,

d'un volume deux fois moindre que dans l'état normal. Les reins, diminués de volume, étaient brunâtres à l'intérieur; leur substance mamelonnée était gorgée de sang fluide et noirâtre. La vessie était rétractée et cachée derrière le pubis; ses parois épaissies, dures. Elle contenait à peine deux cuillerées d'un liquide opaque et puriforme; sa membrane interne était parfaitement saine.

Poitrine. — Les poumons libres d'adhérence, revenus sur eux-mêmes, couvraient à peine le quart du diaphragme; leur parenchyme était grisâtre et sain en apparence. Les bronches étaient tapissées d'une matière blanchâtre, floconneuse; leur membrane interne était injectée, rouge, et parsemée de quelques granulations miliaires. Le cœur était flasque et rempli de sang noir et analogue à de la gelée de groseilles trop cuite. Les veines caves et pulmonaires contenaient un fluide de même nature. L'aorte, jusque dans l'abdomen, était remplie de sang noir; mais ses divisions étaient presque vides. Nous avons examiné avec le plus grand soin le système nerveux central et les ganglions semi lunaires; nous n'y avons rien trouvé de particulier.

Réflexions. — L'histoire qu'on vient de lire ne nous eût point révélé la psorentérie, si nous n'avions donné la plus grande attention à l'examen des lésions cadavériques. En effet, les granulations intestinales étaient si petites que, sans le secours de la loupe, elles auraient échappé à nos recherches. Tels sont les faits qu'on a cités pour prouver que la psorentérie ne se montre pas d'une manière constante, et qu'elle ne peut être regardée comme le caractère anatomique du choléra.

Mais si l'on se rappelle que la maladie s'est terminée par la mort, vingt-six heures après son invasion; si l'on réfléchit

que l'éruption granuleuse était évidente toutes les fois que la mort survenait au bout de deux ou trois jours, et quelquefois moins, il deviendra bien probable que la psorentérie se comporte de même que les éruptions cutanées. Ne savons-nous pas que la variole, la rougeole, la scarlatine, ont besoin d'un temps déterminé pour revêtir les caractères qui leur sont propres? Ces maladies ne sont-elles pas toujours précédées de certains phénomènes indispensables au développement de l'éruption? De quelque manière que les choses se passent, nous avons dû rapporter avec impartialité les faits qui se sont présentés à notre observation.

Observation 2e. — Lafosse, Marie-Jeanne, âgée de 46 ans, couturière, douée d'un tempérament lymphatico-sanguin, d'une constitution affaiblie, entra à l'hôpital le 8 septembre 1832. Au mois de mai dernier, cette femme avait eu une attaque de choléra dont elle fut traitée et guérie à l'hôpital Cochin. Après la cessation des accidents cholériques, une violente réaction s'établit vers le cerveau et réclama l'emploi d'abondantes saignées. Au mois de juin, elle quitta l'hôpital Cochin dans un état satisfaisant. Depuis cette époque, Lafosse conserva une santé débile; ses digestions sont restées lentes et difficiles. Cependant elle avait repris ses travaux. Au mois de septembre, ses digestions étant devenues plus pénibles, elle s'est décidée à rentrer dans un hôpital. Quand nous la vîmes, sa face était pâle et abattue, sa langue humide et couverte d'un enduit blanchâtre; elle avait peu d'appétit. Après chaque repas, elle éprouvait le sentiment d'une barre dans la région épigastrique; son ventre n'était point douloureux. Constipation très-prononcée; respiration calme;

absence de mouvement fébrile. (Solution de gomme aromatisée avec l'infusion de feuilles d'oranger, potion gommeuse, lavement émollient, cataplasmes sur le ventre. (Trois soupes.)

L'irritation gastro-intestinale diminua. Le 12 septembre, la malade se levait et commençait à recouvrer l'appétit; ses digestions étaient moins difficiles. Le 13, à la visite du matin, Lafosse se trouvait aussi bien que le jour précédent; elle n'accusa aucune souffrance du côté des voies digestives; elle n'avait ni diarrhée, ni coliques, ni nausées. On lui accorda le quart de la portion. Quelques instants après la visite, elle éprouve un malaise général et de légers frissons. Cependant elle déjeune, comme de coutume, et va se promener dans le jardin. Mais à une heure du soir, éclatent les accidents cholériques : elle est prise de diarrhée, et, presque en même temps, apparaissent des nausées, des vomissements et des crampes. Presque en même temps, les membres se refroidissent, le pouls faiblit, l'enveloppe cutanée se cyanose, la voix s'éteint, la respiration s'embarrasse. C'est en vain que des soins lui furent prodigués; c'est en vain qu'on eut recours aux frictions irritantes sur la peau; c'est en vain que des lavements avec l'extrait de ratanhia et le laudanum lui ont été donnés; c'est en vain qu'on administra la glace et la limonade citrique glacée. Les symptômes n'ont pas moins continué de s'aggraver. A huit heures du soir, la face était bleue, cadavérisée, les yeux éteints, la respiration extrêmement pénible; la soif était inextinguible, les vomissements opiniâtres, les déjections blanchâtres, floconneuses, et très-abondantes; le ventre indolent, mat; le pouls avait cessé de battre; les mains étaient momifiées; en un mot, il n'y avait plus aucune chance de succès. La malade succomba à minuit.

NÉCROPSIE. — La cyanose avait presque entièrement disparu ; la chaleur était revenue aux membres ; la rigidité cadavérique peu prononcée. Les yeux ne nous ont offert rien de particulier ; ils étaient affaissés, mais parfaitement intacts. Cavité buccale, pharynx dans l'état sain. OEsophage : quelques granulations disséminées sur sa membrane interne ; injection presque nulle.

Estomac. — Cet organe renferme un liquide blanchâtre et mêlé de matières alimentaires non encore élaborées. Ces matières occupent le grand cul-de-sac. La membrane interne de l'estomac est criblée de granulations blanchâtres, dont le volume égale celui d'une tête d'épingle. Ces granulations occupent toute la surface interne de l'estomac. La membrane muqueuse est notablement ramollie, et presque réduite en pulpe ; elle a une couleur grise ou rosée, suivant que ses vaisseaux sont plus ou moins injectés. Les vaisseaux sous-muqueux décrivent de nombreuses arborisations.

Duodénum et jéjunum. — Des matières semi liquides, blanchâtres, floconneuses, remplissent cette partie du canal intestinal ; la membrane interne est tapissée d'une couche de substance pultacée et visqueuse, qui lui adhère assez intimement. Au-dessous, la membrane muqueuse est parsemée de granulations d'un très-petit volume, qui, vues à la loupe, ressemblaient aux bourgeons charnus d'un vésicatoire. A mesure que nous descendîmes vers l'iléon, les granulations devenaient plus faciles à apercevoir ; quelques plaques de Peyer sont légèrement tuméfiées : du reste, la membrane muqueuse est généralement pâle.

Dans l'*iléon,* nous avons trouvé un grand nombre de granulations qui, pour la plupart, étaient grosses comme un

grain de millet; aucune n'avait une dépression centrale, à l'exception de celles placées quelques pouces au-dessus de la valvule iléo-cœcale. A la loupe, on apercevait des myriades de granulations rudimentaires. L'injection de la membrane muqueuse était plus marquée vers la fin de l'iléon qu'au commencement.

Le gros intestin nous a offert, à sa surface interne, beaucoup de granulations déprimées à leur centre, et grosses comme une lentille. La membrane muqueuse était pâle et à peine injectée : cet intestin contenait un liquide blanc, séreux et mucilagineux, mêlé de nombreux flocons. Ganglions mésentériques, dans l'état normal. Nous avons examiné avec soin les ganglions semi lunaires, les poumons, le foie, la rate, les reins, la vessie, et le système nerveux. Ces organes nous ont présenté le même état que dans l'observation précédente, à l'exception des bronches, qui étaient parfaitement saines, et ne renfermaient aucune trace de matières blanchâtres, floconneuses. Leur membrane interne était lisse et à peine injectée.

Aux deux faits qui précèdent, nous pourrions en joindre deux autres, entièrement analogues. L'un s'est offert à nous dans les premiers jours d'avril; nous avons observé l'autre vers la fin du mois d'août. Les phénomènes cholériques ont été des plus tranchés pendant la vie, et se sont terminés par la mort d'une manière non moins rapide, 8 ou 15 heures après l'invasion des premiers symptômes. La membrane muqueuse intestinale était rouge dans l'un et l'autre cas; les granulations se montrèrent à nous en grand nombre; elles commençaient à naître, et nous les aperçûmes seulement à l'aide de la loupe, dans une grande portion du tube digestif.

Irons-nous en conclure que l'éruption granuleuse n'est point le caractère anatomique du choléra? Non, assurément; mais nous en déduirons cette conséquence, savoir : que la mort peut survenir avant que la psorentérie ait eu le temps de revêtir sa forme habituelle; nous en conclurons encore que la diarrhée précède l'éruption granuleuse, qu'elle en est le phénomène précurseur. Du reste, les observations qui suivent vont nous montrer la psorentérie avec tous ses caractères les plus saillants; elles ne devront laisser dans l'esprit aucune incertitude.

DEUXIÈME SÉRIE DE FAITS.

Observation 3e.

Un élève en droit, âgé de 19 ans, doué d'un tempérament sanguin, d'une forte complexion, fut admis à l'hôpital, le 20 juin 1832. Ce jeune homme était détenu à Sainte-Pélagie, pour délit politique, depuis trois semaines. Jusqu'au 18 juin, il avait joui d'une excellente santé, lorsqu'au milieu de la nuit, vers deux heures, il fut pris de diarrhée, sans coliques, sans douleur aucune. Quelques heures se passèrent sans que le malade y fît la moindre attention. Vers les huit heures du matin, les déjections alvines se répétèrent souvent, et abondantes; les vomissements et les crampes se déclarent. On lui donne une infusion de tilleul et de camomille; on le frictionne avec la

flanelle. Les accidents continuent de s'aggraver de plus en plus. A 7 heures du soir on l'amène à l'hôpital. La face est altérée, froide, non cyanosée; les yeux enfoncés dans l'orbite; intelligence saine; myotilité et sensibilité générales conservées; crampes très-vives; langue humide, blanchâtre; soif inextinguible; vomissements, diarrhée (*cholériques*), ventre mat, douloureux, principalement à l'épigastre avec et sans la pression, borborygmes, absence d'urine. Respiration haute, costale (45), expansion pulmonaire puérile; sentiment d'un poids que le malade rapporte à l'épigastre, et qui semble l'empêcher de respirer; voix cassée. Le cœur donne des battements presque imperceptibles à la main et à l'oreille; le tronc cœliaque frappe la main avec une force que la faiblesse des mouvements du cœur serait loin de faire soupçonner. Le pouls radial est insensible; les artères brachiales, crurales et carotides battent encore; mais elles cèdent facilement à la plus légère pression; les extrémités sont froides, glacées; absence de cyanose; la peau est flasque, non élastique, et couverte d'une sueur froide et visqueuse. L'élève interne de garde fit appliquer 50 sangsues au-dessus de l'ombilic, et prescrivit : limonade citrique 2, eau de Seltz, frictions et sinapismes sur les membres, deux quarts de lavements amidonnés et laudanisés. Quelques instants après l'application des sangsues, le pouls a reparu, mais fréquent, petit, dépressible. Quant aux autres phénomènes, ils n'avaient éprouvé aucun changement. La respiration s'embarrassa de plus en plus; les lèvres et les extrémités devinrent bleues, et le malade succomba à 2 heures du matin.

NÉCROPSIE. — La cyanose est complétement dissipée : nous n'en retrouvons aucune trace; les membres sont roides, flé-

chis; la chaleur est à peu près uniformément répandue, non seulement sur le tronc, mais encore sur les membres qui, pendant la vie, étaient froids et, pour ainsi dire, glacés. Les yeux sont enfoncés dans l'orbite; leurs membranes conservent leur surface lisse, luisante, et tout à fait normale; les humeurs contenues dans le globe oculaire sont diminuées, mais parfaitement transparentes.

Tube digestif. — Pharynx, œsophage, sains. *Estomac.* — Membrane muqueuse piquetée de rouge, granulations blanchâtres près de l'orifice cardia et dans la portion pylorique : nous en trouvâmes jusque dans le grand cul-de-sac; les vaisseaux sous-muqueux étaient peu injectés. Les matières contenues dans l'estomac sont liquides, incolores, et mêlées de flocons.

Duodénum et jéjunum. — La membrane interne est parsemée de granulations blanchâtres, déprimées au centre dans le duodénum, et non déprimées dans le jéjunum. Le volume de ces granulations égale celui d'une tête d'épingle; quelques-unes même sont grosses comme un pois à cautère. Les vaisseaux sous-muqueux sont à peine injectés, et la membrane muqueuse est d'une pâleur vraiment remarquable.

Dans l'*iléon,* les granulations sont beaucoup plus nombreuses encore; elles se touchent par leur circonférence : les unes sont remplies d'un fluide séreux, transparent, d'autres contiennent un fluide laiteux; elles sont opalines et ressemblent aux ampoules argentines de la variole. Enfin, d'autres sont solides, papuleuses; quelques-unes sont aplaties et vides; quarante plaques de Peyer dépassent la membrane muqueuse d'une demi-ligne; même pâleur de la membrane muqueuse que dans la partie supérieure du tube digestif.

Gros intestins. — Myriades de granulations avec dépression centrale : toutes renferment un liquide séreux ou laiteux ; leur volume égale celui d'une lentille. Quand on les presse, on en fait suinter le liquide qu'elles contiennent ; elles s'affaissent complétement. De même que dans l'iléon, les vaisseaux sont à peine injectés, et la membrane muqueuse est généralement pâle. Les matières qui remplissent le tube digestif sont blanchâtres et mêlées de flocons blancs ; une couche de substance crémeuse adhère partout à la membrane muqueuse ; dans les gros intestins, ces matières sont un peu rougeâtres et opaques. *Les ganglions mésentériques* sont parfaitement sains. *Foie, rate, reins, vessie,* comme dans les observations qui précèdent.

Poitrine. — Les poumons sont revenus sur eux-mêmes ; leur base recouvre le tiers du diaphragme ; ils sont crépitants et nous offrent, çà et là, des points emphysémateux ; leur parenchyme est engoué en arrière ; leurs gros vaisseaux sont gorgés de sang noir et fluide. La trachée-artère et les bronches sont remplies de mucosités spumeuses, comme on l'observe chez tous les individus qui ont une longue agonie, ou qui meurent asphyxiés par submersion dans l'eau. Nous avons trouvé ce liquide spumeux jusque dans les dernières ramifications bronchiques. La tunique interne des bronches est rouge, fortement injectée, mais entièrement exempte de granulations. *Le cœur* est volumineux ; ses parois épaisses, fermes ; ses cavités remplies de sang noir, fluide ; à l'extérieur, le cœur nous offrit de petites ecchymoses. Les gros vaisseaux artériels et veineux étaient gorgés de sang fluide et noir.

Système nerveux. — Rien de particulier.

Réflexions. — Nous avons vu l'invasion de la maladie s'annoncer par la diarrhée; aucun trouble de l'organisme ne s'était encore développé avant celui du tube digestif; et, en même temps que nous voyons la diarrhée s'accroître, en même temps surgissent d'autres accidents que nous n'avons pas besoin de rappeler. Ainsi, pendant la vie, tous les symptômes décelaient la souffrance de la muqueuse gastro-intestinale; et, après la mort, quelle lésion nous a retracé la maladie du tube digestif? Est-ce l'injection des vaisseaux qui rampaient au-dessous de la membrane muqueuse, ou qui la pénétraient? est-ce le ramollissement de la membrane muqueuse? est-ce la tuméfaction des glandes de Peyer? Non; puisque la membrane muqueuse était d'une pâleur remarquable, puisqu'elle avait une consistance normale, puisque les glandes de Peyer, quoique apparentes, avaient une forme et une consistance ordinaires. C'est l'éruption granulée qui seule nous a traduit l'altération de la membrane muqueuse intestinale.

Toutefois, comme la cyanose n'envahit les extrémités que peu d'instants avant la mort, on pourrait penser que, s'il n'y a point eu de congestion sanguine appréciable dans la membrane muqueuse intestinale, cela provient de ce que la circulation a continué dans les capillaires jusqu'aux derniers instants de la vie. Certes, nous avons plus d'une fois observé la coïncidence de la rougeur gastro-intestinale avec la cyanose; mais d'autres cas nous ont forcés d'admettre que cette coïncidence n'est pas constante, car la cyanose peut manquer, et cependant la membrane muqueuse être rouge et très-injectée. L'observation sixième en est une preuve.

Obs. 4ᵉ. — Morsaline, François, âgé de 15 ans, serrurier, doué d'un tempérament lymphatique, d'une faible constitution, entra à l'hôpital le 15 mai. Depuis quatre jours, Morsaline avait une diarrhée simple qui ne l'empêchait point de vaquer à ses travaux accoutumés, il n'en conçut aucune inquiétude, et continua de prendre des aliments. Aujourd'hui, vers les six heures du matin, la diarrhée s'accrut et ne tarda pas à acquérir une très-grande intensité. Les vomissements et les crampes apparurent presque en même temps. Apporté à l'hôpital vers le soir, nous le trouvâmes dans l'état suivant : La face était profondément abattue; les yeux enfoncés dans l'orbite; la langue froide, humide et blanchâtre; la soif ardente; le ventre déprimé, mat, indolent; vomissements et diarrhée (*cholériques*); respiration anxieuse; sentiment d'oppression au niveau du diaphragme; battements du cœur à peine sensibles; pouls presque imperceptible; quelques crampes; extrémités froides, non cyanosées; voix cassée; absence d'urine. (Infusion de thé, 2 pots, potion stimulante, lavement avec extrait de ratanhia, ʒ B., fric. sinap.) Le 16, de plus en plus mal : face cadavérisée; pouls insensible; peau flasque, non élastique; absence de cyanose. (15 grains de sulfate de quinine en 2 doses; du reste, même prescription.) On eut à peine le temps d'administrer la moitié du sulfate de quinine, car le malade mourut une heure après la visite.

Nécropsie. — *Appareil extérieur.* — Rien de particulier.

Appareil digestif. — Quelques granulations dans l'œsophage. *Estomac.* — Membrane muqueuse parsemée de granulations blanchâtres sur la grande courbure et près du pylore; injection très-légère des vaisseaux sous-muqueux.

Duodénum. — Sa tunique interne était généralement pâle,

et n'avait subi aucun changement, soit dans sa consistance, soit dans son épaisseur; elle était couverte de granulations miliaires, blanchâtres et entourées d'une auréole rougeâtre. Ces granulations prédominaient au-dessous des valvules conniventes.

Jéjunum et iléon. — Mêmes altérations; mais, outre l'éruption granuleuse, qui devenait de plus en plus prononcée, à mesure qu'on se rapprochait de la valvule iléo-cœcale, nous avons rencontré un grand nombre de plaques de Peyer qui dépassaient, d'une ligne environ, le niveau de la membrane muqueuse. Nous en avons compté 48. Leurs dimensions étaient variables; quelques-unes avaient trois pouces de long, d'autres quatre lignes; leur largeur était de six à neuf lignes; rouges à leur circonférence, elles étaient pâles à leur centre. Quant aux granulations dont nous avons déja indiqué la confluence, elles étaient blanchâtres, et contenaient une petite quantité de fluide séreux; elles étaient presque aplaties, mais non déprimées à leur centre. Leur volume égalait celui d'un grain de chènevis. Au niveau des plaques de Peyer, les granulations étaient moins nombreuses. Arborisation des vaisseaux sous-muqueux.

Gros intestins. — Granulations nombreuses et déprimées à leur centre; quelques-unes étaient ulcérées. La membrane muqueuse offrait une pâleur générale. Les matières contenues dans le tube digestif étaient blanchâtres et semblables à de l'eau de riz ou à de l'eau de savon. Vers la fin de l'intestin grêle et dans les gros intestins, ces matières étaient puriformes. Ganglions mésentériques sains. Le foie, les reins et leurs conduits excréteurs nous ont offert le même état que dans les cas précédents. Le cœur et les gros vaisseaux étaient rem-

plis de sang noir et visqueux; les artères des membres étaient vides; la rate, diminuée de volume, presque exsangue. Le canal thoracique était parfaitement sain; ses parois étaient transparentes, sans rougeur, sans épaississement; une lymphe très-limpide et d'une couleur rosée le remplissait. Nous l'avons poursuivi dans toute son étendue. Les poumons étaient affaissés; leur base couvrait à peine la huitième partie du diaphragme; ils étaient çà et là emphysémateux et surnageaient à l'eau. Le poumon droit était un peu engoué, et comme splénisé à sa base. Les bronches étaient presque toutes obstruées par des mucosités épaisses, filantes, mais principalement à leurs bifurcations. Absence de granulations bronchiques; tunique interne des bronches injectée, rouge, mais non épaissie. Les ganglions semi lunaires et toutes les autres parties du système nerveux, examinés avec le plus grand soin, ne nous ont présenté aucune trace de lésion.

Réflexions.—Ce fait nous montre la psorentérie dans la plus grande simplicité. Désordres fonctionnels, altérations anatomiques, tout milite en faveur de notre opinion. Si l'on suit avec attention la marche des symptômes, on se convaincra facilement que la membrane muqueuse intestinale a été la première influencée par l'agent inconnu du choléra, et que, pendant toute la durée de la maladie, c'est encore la même membrane qui a joué le rôle principal : voilà ce que nous apprend l'examen des symptômes. Quant aux lésions, elles sont analogues à celles que nous avons décrites dans l'observation précédente; les granulations sont exemptes de toute espèce de lésion qui puisse faire ranger cette maladie parmi les inflammations. Loin d'être engorgés, les vaisseaux sont complé-

tement vides de sang; loin d'être rouge, la membrane gastro-intestinale est généralement pâle. Sans la présence des granulations, il nous eût été impossible de découvrir l'affection du tube digestif. Mais, plus tard, nous discuterons cette question. Nous nous bornons en ce moment à enregistrer les faits qui doivent nous servir à la résoudre.

Observation 5e. — Renaud, Joséphine, âgée de 22 ans, domestique, douée d'un tempérament sanguin, d'une forte constitution, jouissait habituellement d'une excellente santé. Le 9 avril, elle fut prise de lassitude générale et de douleur dans le ventre avec réaction fébrile; bientôt après, elle éprouva quelques nausées et des crampes légères dans les membres inférieurs; la diarrhée et les vomissements n'ont point tardé à se développer. Elle entra à l'hôpital le 10 avril. La face était rouge, congestionnée, les yeux abattus; céphalalgie intense; langue rouge vers la pointe, et ayant une grande tendance à se sécher; soif ardente; douleur à l'épigastre avec et sans la pression; ventre ballonné, tendu; déjections alvines de nature bilieuse; le pouls est fréquent (110), développé, ondulant, la peau d'une chaleur âcre, mordicante; la respiration est assez libre, les crampes sont presque nulles; toutes les sécrétions se font bien. 20 sangsues à l'anus, cataplasme sur le ventre, limonade gommée, potion gommée, diète absolue. Le 11, même état (30 sangsues à l'épigastre, reste *ut supra*). Les 12, 13. La chaleur de la peau se maintient au même degré; le pouls reste fréquent, plein, développé; le ventre ballonné, douloureux; le dévoiement persiste, mais les crampes avaient

diminué complétement; la face était moins empreinte de stupeur; la langue était humide et couverte d'un enduit blanchâtre; tout annonçait que la malade allait bientôt entrer en convalescence (30 sangsues autour de l'ombilic).

Le 13, vers le soir, le mieux, que nous avions constaté le matin, s'était entièrement évanoui; en effet, il est survenu des phénomènes cholériques : selles abondantes et presque incolores, mêlées de quelques flocons blancs; nausées, vomissements, quelques crampes; douleur plus intense à l'épigastre; anxiété précordiale, étouffements, pouls fréquent (120), petit, dépressible; extrémités froides, non encore violacées; voix cassée, etc., etc. (Limonade citrique glacée, pot. gom. 2; trois quarts de lavements amidonnés et laudanisés; frictions alcoolisées, sinapismes promenés sur les membres.)

Le 14, pendant la nuit, les symptômes se sont aggravés d'une manière prodigieuse : ce matin nous avons observé tous les symptômes du choléra confirmé, ou de la psorentérie confluente. La face est profondément altérée, et d'une teinte violacée; le nez effilé; les yeux enfoncés dans l'orbite; la langue violacée, froide, humide; la soif inextinguible; vomissements abondants; épigastre très-douloureux, sentiment d'un poids qui l'étouffe; anxiété des plus grandes; respiration haute, costale (36); ventre déprimé, rend un son mat; borborygmes, diarrhée, matières analogues à de l'eau de riz; absence d'urine; pouls fréquent, presque insensible; battements du cœur très-faibles : leur choc est mou, leur bruit sourd, obscur, c'est une espèce de frémissement, d'oscillation du cœur; les extrémités sont froides, glacées et bleuâtres; des crampes violentes agitent tous les membres; la voix est cassée. L'intelligence,

la sensibilité et la myotilité sont intactes. (30 sangsues à l'épigastre, frictions, limon. citr. glacée 3, chiend. gom. 2, sirop de gom. potion de Rivière, eau de Seltz ; trois quarts de lavements amidonnés et laudanisés.)

Le 15, les sangsues n'ont apporté aucun soulagement, quoique leurs piqûres aient fourni beaucoup de sang ; la face est presque cadavérisée ; la cyanose est extrêmement prononcée : elle occupe tous les membres et envahit le tronc ; la peau est froide, glacée aux extrémités ; le pouls est fréquent, petit, misérable ; les crampes ont conservé la même intensité ; la respiration est des plus pénibles ; la malade réclame de l'air ; elle est menacée de suffocation ; persistance des autres symptômes. Toutefois les vomissements sont verdâtres et amers. On insiste sur les frictions et sur les boissons simples ; on fait appliquer un large vésicatoire sur la région épigastrique. Tout fut inutile, aucun signe de réaction ne s'est manifesté, et la malade succomba le 16, à huit heures du soir. La diarrhée cholérique a persisté jusqu'au dernier moment.

Nécropsie. — Roideur cadavérique ; cyanose limitée aux extrémités ; les yeux ont diminué de volume ; la conjonctive commençait à se dessécher, mais la cornée et la sclérotique conservaient leur couleur normale. Voies lacrymales dans l'état sain. Le tissu cellulaire sous-cutané est rempli de graisse et donne à la peau une certaine souplesse.

Tube digestif. — Pharynx, œsophage, sains. — *Estomac.* — Membrane muqueuse parsemée de points et de plaques rouges, légèrement épaissie et ramollie ; plis longitudinaux d'un rouge plus intense que partout ailleurs ; aucune trace de granulations ; l'estomac renferme un liquide verdâtre et de nature bilieuse.

Duodénum et jéjunum. — Une matière subgélatineuse, d'un blanc jaunâtre, adhère à la membrane muqueuse. Un examen superficiel ne nous permet de découvrir que la teinte rosée de la tunique interne; l'injection des vaisseaux sous-muqueux augmente à mesure qu'on descend vers l'iléon. C'est cette injection qui donne principalement à la membrane muqueuse sa coloration rouge. Après avoir détaché avec soin la substance dont nous venons de parler, nous avons aperçu des granulations miliaires, infiniment nombreuses; elles existaient en plus grande quantité au-dessous des valvules conniventes et dans leur intervalle, qu'à la surface supérieure de ces mêmes valvules. Pour les mieux observer, nous renversâmes, de bas en haut, chaque valvule connivente. Nous avons également remarqué que ces granulations étaient déprimées à leur centre, dans le duodénum et au commencement du jéjunum; mais alors la plupart manquaient de dépression centrale. Le volume de ces granulations égalait un grain de millet ou de chènevis (1). Outre les granulations, nous trouvâmes des plaques de Peyer légèrement tuméfiées; elles dépassaient d'une ligne le niveau de la muqueuse ambiante. Ces plaques de Peyer avaient presque toutes 4 ou 6 lignes de largeur; leur longueur variait beaucoup : depuis 6 lignes jusqu'à 5 pouces. Mais, en général, elles se sont montrées d'autant plus rapprochées, d'autant plus saillantes et plus étendues, qu'on descendait vers la valvule iléo-cœcale;

(1) M. Martin-Saint-Ange a eu la bonté de peindre une portion du jéjunum et de l'iléon; il a représenté avec exactitude les granulations que nous venons de décrire (pl. Ire, fig. 1 et 2).

aucune d'elles n'était ulcérée; elles offraient une rougeur plus foncée que le reste de la membrane muqueuse. Dans l'iléon, les granulations étaient si multipliées, qu'elles se touchaient par leur circonférence; presque toutes égalaient un grain de chènevis. Un petit nombre offrait une dépression centrale; la membrane muqueuse était, pour ainsi dire, transformée en granulations. La plupart étaient solides, papuleuses, et constituées par les mêmes éléments que les tissus muqueux en général; quelques-unes, seulement, renfermaient un peu de liquide séreux. L'injection des vaisseaux sous-muqueux était plus prononcée que dans le jéjunum; elle donnait à la membrane muqueuse une rougeur plus intense et presque uniforme. D'ailleurs, la membrane muqueuse n'était point épaissie, ni ramollie; les granulations et l'injection des vaisseaux sous-muqueux étaient donc les seuls caractères insolites de la membrane muqueuse. Dans les gros intestins, nous avons rencontré la tunique interne parsemée de granulations avec dépression centrale. En les comprimant, nous en fîmes suinter un fluide séreux, ou laiteux. Les vaisseaux sous-muqueux décrivaient de belles arborisations. Quant aux matières renfermées dans l'iléon et dans les gros intestins, elles étaient blanchâtres et analogues à une forte décoction de riz. Les ganglions mésentériques étaient d'un volume différent : ceux qui répondent aux plaques de Peyer étaient gros comme une amande; les autres égalaient une noisette; ils étaient rougeâtres et un peu ramollis. Nous avons examiné avec soin les ganglions semi lunaires, les nerfs trisplanchnique, diaphragmatique, pneumogastrique et cardiaque. Nous n'y avons rien découvert de particulier. Le foie, gorgé de sang noir et fluide. La rate, les reins, les poumons, l'ap-

pareil circulatoire et le système nerveux nous ont présenté le même état que dans les observations qui précèdent. La rate était diminuée de volume et presque exsangue. Les reins, également diminués de volume ; leur substance mamelonnée d'un rouge brunâtre. Quand on la comprime, on en fait suinter un fluide d'un brun foncé. Le bassinet, l'uretère et la vessie contiennent un liquide opaque et d'un aspect purulent. La vessie était rétractée et presque cachée derrière le pubis. Les poumons, revenus sur eux-mêmes, crépitants et nullement engoués. Rien dans les bronches. Le cœur distendu par du sang noir et analogue à de la gelée de groseilles trop cuite. Les gros vaisseaux gorgés du même fluide. Les artères des membres presque vides.

Cerveau. — Sablé de points rouges, d'une consistance normale; quelques gouttes de sérosité dans les ventricules. Moelle épinière parfaitement saine.

Réflexions. — Les circonstances au milieu desquelles la psorentérie s'est développée donnent à cette observation le plus haut intérêt. En effet, lors de son arrivée, Renaud nous offrit tous les symptômes d'une gastro-entérite grave. Nous dûmes avoir recours à la méthode antiphlogistique ; sous l'influence des émissions sanguines, nous avions obtenu une amélioration notable : la gastro-entérite commençait à céder ; la convalescence semblait être prochaine, lorsque tout à coup la maladie change d'aspect : le choléra confirmé se déclare. En même temps les phénomènes qui le caractérisent remplacent ceux de la gastro-entérite. Nous ne rappellerons pas la marche des accidents : nous l'avons décrite avec assez de soin. Nous ne rappellerons pas les altérations anatomiques : nous les avons signalées avec assez de détails. Rarement la

psorentérie a acquis un développement aussi parfait. Dirons-nous que, dans ce cas, la gastro-entérite primitive s'est transformée en gastro-entérite cholérique? Cette manière de résoudre la question serait facile; mais elle est loin de nous satisfaire. Car le choléra diffère autant de la gastro-entérite que la variole se distingue d'un érysipèle. En conséquene, dire que le choléra est une gastro-entérite, c'est comme si l'on soutenait que la variole est une inflammation de la peau, ou une cutite. Tout en regardant le choléra comme une irritation de la membrane muqueuse intestinale, nous ne pouvons confondre le choléra sous le nom de gastro-entérite, attendu que ces deux maladies se distinguent et par leurs symptômes et par leurs lésions anatomiques. Elles peuvent exister indépendantes l'une de l'autre; elles peuvent se montrer simultanément, de même que nous voyons les pustules varioliques se manifester toutes seules, ou bien s'accompagner d'une inflammation réelle des parties environnantes. Cette distinction est importante à établir dans le traitement; car si le choléra est une gastro-entérite, il faut l'attaquer par les moyens qu'on oppose à ce genre d'affection; tandis que si le choléra est une maladie spéciale, il est possible que le traitement de la gastro-entérite ne lui convienne pas. C'est précisément ce que nous avons observé; aussi toutes les fois que l'éruption granuleuse se complique d'une inflammation réelle de la membrane muqueuse intestinale, il faut lui opposer la méthode antiphlogistique, sans perdre de vue que l'inflammation n'est ici qu'une complication de la maladie principale. La psorentérie nous permet de rendre compte de toutes les variétés du choléra. D'après ce que nous venons de dire, il est évident que, chez Renaud,

nous devions employer les émissions sanguines; car la psorentérie s'était entée sur une gastro-entérite. Il fallait d'abord combattre la complication. Nous n'aurions pu, sans danger, porter dans le tube digestif des médicaments stimulants. Malgré les antiphlogistiques, malgré les révulsifs puissants, nous n'avons pu arrêter la marche de la maladie. Mais que pouvaient tous ces moyens contre une éruption granulée qui occupait toute l'étendue du canal digestif et qui était extrêmement confluente? Il est arrivé ce qu'on observe dans ces cas où une éruption cutanée se répercute sur la muqueuse intestinale, et où elle va développer, sur cette membrane, une éruption confluente. La mort survient infailliblement. Si l'on nous voit si souvent revenir aux maladies cutanées, c'est que, susceptibles d'être facilement observées, elles nous permettent de comprendre des phénomènes analogues qui se passent dans l'intérieur, sur la membrane muqueuse.

Observation 6e. — Un distillateur, âgé de 23 ans, doué d'un tempérament lymphatique, entra à l'hôpital le 5 août. Il habitait Paris depuis un mois seulement, et s'était livré à des excès de plusieurs genres; sa santé, florissante lors de son arrivée, ne tarda pas à se détériorer. Le 2 août il fut pris de diarrhée; ce phénomène s'accrut peu à peu, sans pourtant l'empêcher de vaquer à ses travaux; mais, aujourd'hui, la scène changea tout à coup de face : les selles devinrent blanchâtres et floconneuses; l'abdomen s'endolorit; bientôt après ont éclaté, presque en même temps, les vomissements et les crampes. On lui donna 25 *grains d'ipécacuanha, en deux parties.* Des vomissements abondants ont amené une dimi-

nution notable des accidents, mais principalement des crampes. Ce soulagement ne fut pas de longue durée. Quand nous le vîmes, la face était profondément altérée; les yeux enfoncés dans l'orbite; les conjonctives injectées, humides; les narines pincées; l'intelligence intacte; les crampes et les vomissements presque nuls; la langue blanchâtre; mais les déjections très-abondantes, blanchâtres et mêlées de flocons (eau de riz ou de savon); quelques borborygmes; ventre chaud, douloureux, mat, non tendu. La moindre pression exercée sur le ventre causait au malade de vives douleurs. La respiration était libre; le pouls fréquent (140), petit, dépressible; les extrémités tièdes, non cyanosées; la peau conservait son élasticité; la voix était cassée; les urines nulles. (Sinapismes sur la poitrine et sur les membres. Limonade citrique glacée, fragments de glace; lavements avec l'extrait de ratanhia et le laudanum de Sydenham.) Les vomissements et les crampes se sont calmés; mais la diarrhée persista, mais l'ensemble des phénomènes généraux continua de s'aggraver. Le 6 août, face cadavérique; pouls d'une fréquence excessive, à peine sensible (2 vésicatoires aux cuisses). Deux heures après la visite, le pouls faiblit et disparut. Presque en même temps la peau devint moins élastique, les extrémités se refroidirent et la cyanose envahit la face, les mains et les pieds. De plus en plus mal. Mort, à cinq heures du soir.

Nécropsie. — Rigidité cadavérique, extrémités momifiées, cyanose moins marquée que pendant la vie. Les paupières étaient entr'ouvertes; on apercevait, au-dessous de la cornée transparente, une tache jaunâtre et semi lunaire; cette tache était due au dessèchement de la sclérotique; ce phénomène

était encore peu avancé. Le globe de l'œil était légèrement affaissé; les humeurs de l'œil avaient conservé leur transparence; les voies lacrymales ne nous ont rien présenté de particulier; les larmes, quoique plus visqueuses, étaient transparentes.

Appareil digestif. — Cavité buccale, pharynx, œsophage, sains.

Estomac. — Sa cavité était rétrécie et contenait une petite quantité de liquide jaunâtre, visqueux. Des plis longitudinaux se remarquaient à sa surface interne. La membrane muqueuse était rouge par points et par plaques, mais surtout au niveau des plis; elle était épaisse et commençait à se ramollir. Aucune trace de granulations.

Duodénum et jéjunum. — Des matières jaunâtres, pultacées, adhéraient à la membrane muqueuse : celle-ci était saine en apparence; l'injection vasculaire était très-légère et pointillée ou granulée; nous trouvâmes à peine quelques vestiges de l'éruption granuleuse.

Iléon. — Ici, commençaient des altérations dignes du plus haut intérêt. Nous trouvâmes, dans le reste du tube digestif, un liquide blanc, floconneux, et devenant rouge, sanguinolent, à mesure qu'on descendait vers la valvule iléo-cœcale. La membrane muqueuse était couverte de granulations miliaires, rouges, fraisées, très-rapprochées les unes des autres, et dont la base était entourée d'une injection vive des vaisseaux sous-muqueux. Dans le tiers inférieur de l'*iléon*, les granulations avaient le volume d'un pois à cautère; elles étaient remplies d'un fluide transparent ou opaque, séreux ou puriforme; la plupart étaient arrondies à leur sommet, quelques-unes déprimées à leur centre. Ce caractère était d'au-

tant plus marqué, qu'on les examinait près du cœcum; les plaques de Peyer n'étaient point hypertrophiées. La membrane muqueuse était d'un rouge vif et semblait transformée en granulations.

Gros intestins. — Granulations nombreuses, grosses comme une lentille; injection des vaisseaux sous-muqueux; quelques plaques brunâtres.

Ganglions mésentériques. — Gros comme une amande dépouillée de son enveloppe; ils étaient rougeâtres et un peu ramollis.

Appareil circulatoire. — Cœur gorgé de sang noir et visqueux; gros vaisseaux remplis du même fluide; artères des membres vides de sang.

Appareil respiratoire. — Poumons affaissés, d'une teinte grise, étaient peu crépitants et à peine engoués en arrière. Les *bronches* contenaient des mucosités épaisses, visqueuses, transparentes. Ces mucosités tapissaient la surface interne des tuyaux bronchiques de la membrane muqueuse. Absence de granulations.

Appareil sécréteur. — *Foie* d'une apparence saine. *Vésicule biliaire, reins, conduits excréteurs,* comme dans les observations précédentes. La *rate* est cachée derrière le grand cul-de-sac de l'estomac; elle est presque exsangue et réduite à son tissu fibro-celluleux.

Appareil nerveux. — Nous avons disséqué avec soin les ganglions semi lunaires, les grand et petit splanchniques, les nerfs pneumo-gastriques, cardiaques, diaphragmatiques. Ces parties se sont présentées à nous dans leur état normal. L'*encéphale* et ses enveloppes, la moelle épinière et les membranes qui l'entourent, étaient également sains en apparence.

Quant aux *muscles*, quant au tissu cellulaire, quant aux membranes séreuses, nous les avons trouvés moins humides, moins souples que dans l'état ordinaire.

Réflexions. — Dans l'historique de ce malade, on n'a pu méconnaître le véritable siége du choléra. Les granulations intestinales étaient assez grosses pour être facilement aperçues. Mais on a dû être frappé, comme nous, de la coïncidence des désordres fonctionnels avec le siége de l'éruption granuleuse. En effet, la diarrhée, survenue dès l'invasion de la maladie, persista jusqu'aux derniers instants de la vie; tandis que les vomissements cédèrent facilement à l'ipécacuanha. Eh bien! la partie supérieure du tube digestif était exempte de lésions, tandis que la partie inférieure nous présenta l'une des éruptions les plus confluentes que nous ayons rencontrées. Ainsi, les symptômes sont partis des points que l'éruption avait envahis. Mais quelques phénomènes étrangers à la psorentérie s'étaient manifestés à nous; ces phénomènes, caractérisés par une chaleur brûlante de l'abdomen et par des douleurs excessives dans la même région, nous indiquaient autre chose qu'une éruption granulée; nous pensâmes qu'il y avait une inflammation simultanée de la membrane muqueuse intestinale. Si l'on se rappelle la rougeur vive et uniforme de cette membrane, on comprendra pourquoi nous avons désigné cette maladie sous le nom de *psorentérite.* Ainsi, nous avons pu entrevoir un certain rapport entre les symptômes et les altérations anatomiques. Nous disons *entrevoir*, parce que ces phénomènes ne se démontrent pas avec autant de précision qu'un problème de géométrie; mais laissant de côté toute espèce de théorie, nous en tenant aux faits et seulement aux faits, nous pouvons dire que, chez ce malade, il a existé un rap-

port assez exact entre le siége de l'éruption et les phénomènes observés pendant la vie; nous pouvons dire que ce rapport est aussi évident que celui que nous trouvons entre les phénomènes morbides et les plaques de Peyer turgescentes et ulcérées dans la fièvre entéro-mésentérique.

Observation 7e. — Bérault, Louise, âgée de 44 ans, douée d'un tempérament lymphatique, d'une assez bonne constitution, mais fatiguée par des privations de tout genre, entra à l'hôpital le 16 avril. Hier soir, Bérault n'éprouvait aucun signe de malaise, lorsqu'au milieu de la nuit elle fut prise de diarrhée; bientôt après survinrent des vomissements et des crampes. On lui donna une infusion de thé chaude, on lui fit des frictions sur les membres, on chercha à rappeler la chaleur vers la peau; mais la diarrhée s'accrut de plus en plus.

16 *avril à huit heures du matin :* Face abattue, violacée, joues tièdes, nez froid, œil enfoncé dans l'orbite, conjonctives humides, non injectées, pupilles normales, céphalée sus-orbitaire; langue épaisse, violacée, couverte d'un enduit blanchâtre; soif inextinguible; vomissements de matières blanches et un peu amères; déjections blanches, floconneuses et analogues à une décoction de riz ou de gruau; ventre tendu, ballonné, douloureux à l'épigastre, avec ou sans pression; anxiété précordiale; respiration costale, pénible (38 par minute); sonoréité normale du thorax. Battements du cœur, quoique faibles, étaient encore perceptibles à l'oreille et à la main; pouls (92) petit, misérable; extrémités violacées, froides; les plis qu'on faisait à la peau s'ef-

façaient lentement; les membres étaient agités de crampes qui arrachaient des cris à la malade; les doigts étaient fortement fléchis et roides. Sensibilité conservée, intelligence intacte, voix cassée, absence complète d'urine. (40 sangsues autour de l'ombilic, cataplasme sur l'abdomen, chiend. gom., gom. aromat., etc. Rappeler la chaleur vers la peau, au moyen d'une lampe à esprit-de-vin.) Les sangsues n'ont apporté qu'un soulagement fugace; la respiration devint moins pénible, le pouls se releva, la cyanose diminua; mais, au bout de quelques heures, les mêmes phénomènes avaient reparu, le pouls faiblit et s'éteignit; la cyanose envahit les membres. (Frictions réitérées, avec le liniment ammoniacal, sinapismes, potion stimulante avec vin de Madère ℥j; et thé chaud ℥vj.) Mort, à dix heures du soir.

Nécropsie. — *Appareil extérieur.* Comme dans les cas précédents.

Appareil digestif. — Quelques granulations folliculeuses sur le voile du palais, dans le pharynx et dans l'œsophage.

Estomac. — Membrane muqueuse rouge par points et par plaques, couverte de granulations miliaires dans le grand cul-de-sac et près du pylore.

Duodénum et jéjunum. — Granulations nombreuses, quelques-unes aplaties au sommet, d'autres arrondies; injection très-vive de la membrane muqueuse; quelques glandes de Peyer étaient rouges (*hortensia*), et légèrement tuméfiées.

Iléon. Les granulations étaient encore plus multipliées; leur volume égalait un grain de millet ou un grain de chènevis. La plupart étaient remplies d'un fluide séreux ou laiteux; même rougeur de la membrane muqueuse; les glandes de

Peyer étaient rouges et à peine saillantes; au niveau de ces glandes, les granulations étaient moins rapprochées.

Gros intestins. — Plaques d'un rouge brun, disséminées sur la tunique interne; des granulations lenticulaires se remarquaient dans toute l'étendue des gros intestins. Les matières renfermées dans le tube digestif étaient blanchâtres, floconneuses, jusqu'à la fin du *jéjunum;* mais, à partir de l'*iléon*, elles étaient rougeâtres et sanguinolentes. Les autres appareils d'organes nous ont offert les changements que nous avons notés dans les cas précédents.

Observation 8e. — Morel, Anne-Catherine, âgée de 59 ans, couturière, douée d'un tempérament bilieux et d'une constitution détériorée, entra à l'hôpital le 16 juillet. Elle fut prise, hier matin, d'une diarrhée légère et d'un malaise général; elle continua de travailler et déjeuna comme à son habitude. La diarrhée s'accrut peu à peu; vers le soir, elle était très-abondante; en même temps, les extrémités se refroidirent. On lui donna du thé chaud pour boisson, et on chercha à rappeler la chaleur vers la peau; mais les symptômes s'aggravent, et bientôt les vomissements éclatent. Amenée à l'hôpital pendant la nuit, on lui prescrit : limonade citrique glacée 3 p., $3\frac{1}{4}$ lavements amidonnés et laudanisés; frictions alcoolisées, sinapismes promenés sur les membres.

Le 16, face abattue; globe de l'œil enfoncé dans l'orbite; conjonctives injectées, surtout en bas; pupilles normales; réponses lentes, mais précises; céphalalgie sus-orbitaire; dessèchement des fosses nasales; soif ardente; langue cou-

verte d'un enduit blanchâtre; ventre déprimé, douloureux à l'épigastre; respiration costale (44), anxieuse; l'expansion pulmonaire est puérile; la percussion rend un son clair; les battements du cœur sont encore perceptibles à l'oreille et à la main; le pouls fréquent (110), à peine sensible; les extrémités sont froides et commencent à devenir bleues; la peau conserve les plis qu'on lui fait; crampes légères; voix cassée; absence d'urine; la sensibilité et la myotilité générale sont intactes. (Limonade citrique glacée, fragments de glace, potion gom., frictions, lavements amidonnés et laudanisés.) Les vomissements se calment vers le soir, mais la diarrhée persiste et devient sanguinolente; le pouls faiblit davantage et s'éteint; la face se cadavérise, les membres se cyanosent; l'oppression est à son comble. (On insiste sur les révulsifs à l'extérieur.)

Le 17, agonie, œil éteint, taches brunâtres semi lunaires au-dessous de la cornée, au niveau de l'intervalle des paupières restées entr'ouvertes. Respiration des plus pénibles, sueurs froides et visqueuses. Mort à 10 heures du matin.

Nécropsie. — Rigidité des membres, teinte bleue de la peau a presque entièrement disparu; les mains et les pieds comme momifiés. Du côté des yeux, mêmes lésions que dans l'observation n° 6; le sac lacrymal était rempli d'un liquide visqueux et puriforme; ses parois étaient rouges, injectées; la glande lacrymale dans l'état sain.

Cavité buccale, pharynx, œsophage. — Ne nous ont rien offert de particulier.

Estomac. — Muqueuse plissée, parsemée de points rouges et de granulations blanchâtres; absence de ramollissement.

Duodénum et jéjunum. — Muqueuse pointillée de rouge

çà et là; vaisseaux sous-muqueux arborisés, donnent à la muqueuse une teinte rosée; granulations discrètes, blanchâtres et miliaires, avec ou sans dépression centrale.

Iléon.— Injection remarquable des vaisseaux sous-muqueux; rougeur hortensia de la membrane muqueuse; granulations confluentes, grosses comme un grain de chènevis environ, et remplies, pour la plupart, d'un fluide séreux ou laiteux; l'injection prédomine autour des granulations. Les plaques de Peyer sont rougeâtres, mais nullement hypertrophiées.

Gros intestins. — Muqueuse injectée, rouge et couverte de granulations dont le volume égale celui d'une lentille, et qui toutes contenaient un liquide transparent ou opaque, et blanchâtre. Les matières renfermées dans le tube digestif étaient abondantes, blanchâtres, floconneuses au commencement, et vers la fin, elles étaient rougeâtres et sanguinolentes.

Ganglions mésentériques sains. — Autres appareils d'organes, comme dans les observations qui précèdent.

Observation 9e. — Lamiral, Jules, âgé de 37 ans, garde municipal, doué d'un tempérament bilieux, d'une bonne constitution, fut admis à l'hôpital le 4 avril. Depuis deux jours Lamiral avait une diarrhée légère, il continua de vaquer à ses fonctions, et ne changea rien dans sa manière de vivre. Hier soir, les accidents ont acquis une grande intensité : les selles sont devenues beaucoup plus abondantes; les vomissements et les crampes ont apparu quelques instants après; ces accidents se sont aggravés pendant la nuit : aucun traitement n'avait encore été mis en usage.

4 *avril*. La face est jaunâtre, froide, abattue; les yeux enfoncés dans l'orbite, les conjonctives injectées ; la langue humide, blanchâtre; la soif ardente; *absence de vomissements;* déjections abondantes, analogues à l'eau de savon; ventre indolent, déprimé, mat; absence d'urine. La respiration est gênée, mais non anxieuse; le diaphragme s'abaisse comme dans l'état normal; l'expansion pulmonaire s'entend avec beaucoup de netteté; la voix est éteinte; les battements du cœur sont faibles, mais perceptibles encore à la main et à l'oreille. Le pouls est petit, dépressible (95); le tronc cœliaque donne une impulsion très-faible au niveau de l'épigastre. La peau est d'une teinte jaunâtre et n'offre aucune trace de cyanose; sa température est douce, son élasticité presque normale. Les crampes se manifestent, surtout dans les membres inférieurs : elles reviennent à des intervalles éloignés. L'intelligence, la sensibilité et la myotilité sont conservées. (Solution de gomme coupée avec l'infusion de feuilles d'oranger, 3 p.; limonade citrique, 2 p.; cataplasmes laudanisés sur le ventre; trois quarts de lavements amidonnés et laudanisés; frictions alcoolisées et camphrées; chaleur autour du malade.) Le soir, le ventre est un peu tendu, douloureux avec et sans la pression; la respiration est plus gênée; le diaphragme s'abaisse moins facilement; du reste, mêmes phénomènes. Le 5 *avril*. De plus mal en plus mal; la face est profondément altérée; l'œil s'enfonce dans l'orbite et s'éteint; les pupilles sont resserrées; l'assoupissement est profond. Les crampes ont acquis une plus grande intensité; la diarrhée persiste abondante; les matières rendues par les selles conservent les caractères indiqués plus haut. Absence de vomissements, de cyanose; le pouls reste

perceptible. (Potion antispasmodique; reste *ut suprà.*)

Le 6 *avril.* Face cadavérique, effilée, froide et violacée: œil terne; langue froide, violacée; les extrémités sont glacées; le tronc seul conserve un peu de chaleur. La cyanose occupe les membres; le pouls est insensible; les mains sont momifiées; la peau flasque, non élastique; l'oppression est extrême; le ventre déprimé, indolent; les déjections alvines sont rougeâtres, d'une couleur lie de vin. On prescrit deux vésicatoires sur les cuisses avec la pommade de *Gondret;* mais à peine la visite était achevée que le malade succomba.

Nécropsie. — Roideur cadavérique; cyanose limitée aux extrémités; le globe de l'œil nous a présenté les mêmes lésions que dans l'observation 6e; les voies lacrymales n'ont point été examinées.

Appareil digestif. — Pharynx, œsophage, nous ont offert quelques granulations blanchâtres, avec une injection des vaisseaux sous-muqueux : ces granulations n'étaient accompagnées d'aucune autre lésion.

Estomac. — Contient des matières liquides, incolores et mêlées de flocons; une couche de mucus épais et filant adhère à la membrane muqueuse et lui donne un aspect grisâtre. Sans un examen attentif, on pourrait prendre ce mucus pour la membrane muqueuse ramollie et réduite en pulpe: mais, après avoir détaché ce mucus, nous trouvâmes la tunique interne de l'estomac dans un état de phlogose non équivoque: elle était rouge, épaissie, mamelonnée et légèrement ramollie; les vaisseaux sous-muqueux étaient également très-injectés.

Duodénum et jéjunum. — La rougeur de la membrane muqueuse est d'autant plus vive qu'on descend vers l'iléon;

granulations miliaires nombreuses, et autour d'elles la rougeur se montre plus prononcée : la plupart ne sont point déprimées à leur centre. Nous avons pu nous assurer que l'injection des vaisseaux sous-muqueux était la cause principale de la rougeur de la tunique muqueuse.

Iléon. — L'éruption granuleuse est confluente; les plaques de Peyer sont un peu tuméfiées : elles sont d'un rouge fort intense ; sur les côtés de ces glandes, les granulations offrent moins de développement.

Gros intestins. — La membrane muqueuse est parsemée de points et de plaques rouges; elle n'est point ramollie ; granulations nombreuses et lenticulaires. Les autres appareils d'organes nous ont présenté le même état que dans les observations précédentes.

Réflexions. — Nous avons pu suivre dans cette observation les diverses périodes de la psorentérie; nous avons pu les voir se succéder avec ordre. Ainsi, comme dans tous les cas précédents, la diarrhée simple en marqua le début, elle en fut le prodrome. A quel appareil d'organes rattacher cette diarrhée, ce prodrome ? Est-ce à l'altération du système nerveux ? est-ce à une lésion du sang ? Il peut se faire que l'un ou l'autre soit le point de départ de la diarrhée ; mais rien ne le prouve. Aucun fait ne nous a encore dévoilé la lésion du système nerveux, et celle du sang, au début de la maladie, est encore à découvrir. Dès lors, quoi de plus simple que de regarder la diarrhée comme dépendante d'une altération intestinale. N'est-ce pas en attaquant la membrane muqueuse intestinale, qu'on parvient souvent à diminuer la gravité des symptômes et qu'on arrête quelquefois la marche de la maladie ? Qui n'a vu les heureux effets de l'application

de quelques sangsues aux vaisseaux hémorrhoïdaux, à l'époque où la maladie commence à naître? qui n'a retiré des avantages de lavements anodins et astringents, à cette même période de la maladie? Tout nous porte donc à penser que, dès le principe, la diarrhée n'est qu'un symptôme de l'affection des gros intestins.

Jusqu'ici, il n'y a point encore d'éruption granulée; jusqu'ici il n'y a qu'une simple irritation de la membrane muqueuse. Mais cette irritation n'est qu'un phénomène qui prépare le développement des granulations; ce n'est, comme nous l'avons déja dit, qu'un prodrome de l'éruption. Les phénomènes se compliquent de plus en plus, la maladie envahit toute l'étendue de l'appareil digestif. Elle se fixe davantage sur l'iléon et sur les gros intestins; du moins la prédominance de la diarrhée nous l'indique. En même temps, les crampes apparaissent. Ce phénomène, parti du système nerveux rachidien, dépend-il d'une lésion de la moelle épinière? Nous sommes portés à le croire; cependant il serait possible qu'il ne fût que sympathique. Rien ne nous permet de résoudre cette question, nous nous bornons à la signaler. Nous remarquerons toutefois que les crampes ont été plus prononcées dans les membres inférieurs, sans en déterminer la cause.

La circulation ne s'est point interrompue dans les membres: nous sentîmes le pouls radial jusqu'aux derniers instants de la vie; la peau ne s'est point refroidie, la respiration s'est exécutée avec peu d'anxiété, et la cyanose n'a point surgi. Ces derniers phénomènes n'ont apparu que quelques heures avant la mort.

Nous voyons ici une grande prédominance des accidents intestinaux; ce n'est que d'une manière consécutive que le

système nerveux s'est épuisé, et que le sang a subi une altération manifeste. Nous ne saurions placer le siége primitif de la maladie dans le système nerveux, ni dans le sang, ni dans l'organe central de la circulation. La marche des symptômes s'explique mieux, en admettant l'affection gastro-intestinale comme le point de départ de tous les phénomènes morbides. Il s'agirait d'en déterminer la nature.

L'autopsie va nous apprendre à quel genre de maladie nous devons la rattacher : au premier examen, la rougeur est le phénomène le plus saillant; c'est le seul même que nous offre la muqueuse de l'estomac. Mais compterons-nous pour rien cette multitude de granulations qui occupent toute l'étendue des intestins, et qui sont tellement confluentes dans l'iléon que leur circonférence se touche? N'y a-t-il pas une analogie remarquable entre cette éruption granulée et ces éruptions qu'on observe à la peau? Ici, l'éruption était arrivée à sa dernière période; les granulations avaient acquis leur entier développement; quelques jours de plus, et l'éruption se serait effacée, et nous n'en eussions trouvé aucune trace.

Toutes les observations qui précèdent, à partir de la troisième inclusivement, nous ont offert l'éruption gastro-intestinale dans son entier développement; mais dans toutes, les phénomènes morbides ne s'analysent pas avec autant de facilité que dans cette dernière. L'analogie des lésions et des symptômes nous a engagés à réunir ces diverses observations dans le même groupe.

Jusqu'à présent nous n'avons retrouvé l'éruption granulée que dans le tube digestif; nous l'avons vue prédominer le plus souvent vers la partie inférieure de la muqueuse intestinale : rarement l'estomac et le jéjunum en ont été le siége prin-

cipal; aussi les observations que nous venons de rapporter méritent la dénomination de *psorentérie*. Mais nous allons voir, dans les observations qui suivent, l'éruption granulée ne plus rester circonscrite dans le canal digestif : la muqueuse bronchique sera elle-même envahie par l'éruption. Nous avons cru devoir signaler ces variétés, les décrire à part.

Comme il est facile de le concevoir, l'éruption bronchique va rendre la respiration plus pénible, plus anxieuse, et donner à la maladie une nouvelle cause de gravité.

TROISIÈME SÉRIE DE FAITS.

Observation 10e. — Un serrurier, âgé de 21 ans, doué d'une forte constitution, entra à l'hôpital le 16 juin.

L'invasion s'annonça, le 13, par de la diarrhée, sans coliques, sans douleur abdominale, sans réaction fébrile. Ce jeune homme continue de vaquer à ses occupations, et ne change rien à son régime ordinaire.

Le 14 et le 15, la diarrhée persiste; même négligence que le premier jour. Le 15, à huit heures du soir, le dévoiement augmente; apparaissent ensuite des vomissements et des crampes; les extrémités ne tardent pas à se refroidir. Ces accidents se sont aggravés de plus en plus : le malade est resté sans secours jusqu'au lendemain. Déja ses membres étaient glacés et bleuâtres; il était presque cadavérisé. C'est alors qu'on l'apporta à l'hôpital. (Ces renseignements nous ont été donnés par les personnes qui accompagnaient le malade.) Nous trouvâmes le malade dans un état complétement dé-

sespéré; le face était froide, bleue; les yeux enfoncés et couverts d'une tache brunâtre au-dessous de la cornée et dans l'intervalle des paupières. C'est cette tache dont nous avons si souvent parlé. Les battements du cœur insensibles à la main et à l'oreille; le pouls avait disparu; la respiration d'une anxiété excessive; le ventre non tendu, indolent; les membres glacés et bleuâtres; l'intelligence abolie; en un mot, il ne restait plus des phénomènes de la vie qu'une respiration anxieuse et une circulation obscure et limitée aux gros troncs vasculaires. Ce malade, entré à sept heures du soir, mourut au bout de vingt minutes.

NÉCROPSIE. — La teinte bleue a presque entièrement disparu; la face est moins altérée que pendant la vie; les membres sont roides et dans la demi-flexion. Nous avons remarqué du côté des yeux et des voies lacrymales, les altérations que nous avons déja décrites : nous n'y reviendrons plus. Ces altérations consistent dans une dessiccation de la sclérotique, et dans une opacité des larmes.

Tube digestif. — *OEsophage* parsemé de granulations blanchâtres; injection des capillaires autour des granulations; *épithellium* presque détruit dans la moitié inférieure de l'œsophage. *Estomac :* grand cul-de-sac marbré de plaques brunes ou rougeâtres; arborisations vasculaires; muqueuse légèrement ramollie. *Partie moyenne :* muqueuse pointillée de rouge, mamelonnée, épaissie. *Partie pylorique :* nombreux follicules blanchâtres et miliaires; injection autour des follicules.

Duodénum. — Tunique interne pointillée de rouge, et parsemée de granulations folliculeuses.

Jéjunum.— Granulations nombreuses en haut et en bas du

jéjunum; injection des vaisseaux sous-muqueux; plaques de Peyer d'un rouge foncé, mais non saillantes.

Iléon. — Les granulations sont ici plus nombreuses et d'un volume plus grand que dans le jéjunum; leur circonférence se touche; leur volume égale un grain de chènevis, et même un pois à cautère. La membrane muqueuse semble avoir subi une transformation granuleuse. Au premier aspect, ces granulations ressemblent aux pustules argentines de la variole: quelques-unes sont déprimées, la plupart sont arrondies à leur centre; les unes sont remplies d'un liquide séreux ou laiteux, d'autres sont à l'état solide; elles sont entourées d'une injection très-vive des vaisseaux capillaires, ce qui leur donne un aspect fraisé. Du reste, la membrane muqueuse n'est point épaissie; les plaques de Peyer sont plutôt déprimées que tuméfiées; et, comme nous l'avons constamment observé, les granulations sont moins développées et moins nombreuses au niveau des glandes de Peyer que dans leur intervalle. (Voyez planche 2, figure IV et V, où une portion de l'iléon se trouve représentée.)

Gros intestins. — Membrane muqueuse parsemée de plaques rouges; granulations multipliées: toutes sont déprimées à leur centre; elles contiennent un fluide séreux ou laiteux, transparent ou opaque. Les *matières* renfermées dans le tube digestif étaient blanchâtres, mêlées de grumeaux et de flocons, depuis le duodénum jusqu'à la fin du jéjunum; mais l'iléon et les gros intestins étaient remplis de matières rougeâtres, sanguinolentes. Les *ganglions mésentériques*, gros comme une noisette, et d'une consistance normale. Le *foie*, la *vésicule biliaire*, comme dans la plupart des observations précédentes. La *rate*, évidemment diminuée de volume et

exangue. Les *reins,* la *vessie,* rien de particulier. Même état que nous avons si souvent indiqué. *Ganglions semi lunaires,* sains.

Appareil respiratoire. — *Larynx :* granulations folliculeuses sur l'épiglotte et dans les ventricules; couche muqueuse et visqueuse qui adhère à la tunique interne, dont les capillaires sont injectés. *Trachée-artère :* granulations peu nombreuses encore: leur volume égale la tête d'une épingle; mucosités abondantes; rougeur de la tunique interne et des granulations. *Bronches* obstruées par des mucosités spumeuses dans toute leur étendue; elles sont tapissées par une couche de liquide subgélatineux, visqueux. Après avoir enlevé ce liquide, nous avons découvert beaucoup de petites granulations jusqu'aux troisièmes bifurcations des bronches. La tunique interne est très-injectée. *Parenchyme pulmonaire* dense, mat, presque vide d'air; engouement cadavérique en arrière, mais très-peu prononcé; adhérences anciennes du poumon droit.

Appareils circulatoires et nerveux. — Même état que dans les cas précédents.

Réflexions. — Dans l'histoire qui précède, l'éruption granuleuse n'a pas seulement envahi la membrane muqueuse gastro-intestinale; mais elle s'est propagée à la membrane muqueuse des voies aériennes. Chose digne de remarque, les bronches contenaient un liquide visqueux, subgélatineux, analogue à celui qui tapisse la muqueuse intestinale. Ainsi l'éruption granuleuse occupait toute l'étendue de la membrane gastro-pulmonaire.

Il s'agit de savoir quel rôle a joué l'éruption bronchique; car jusqu'ici tous les phénomènes que nous avons étudiés

doivent être rattachés à l'éruption intestinale. Quand, pour la première fois nous découvrîmes des granulations dans les bronches; quand nous vîmes ces tuyaux presque entièrement obstrués par un liquide visqueux, nous pensâmes avoir trouvé la cause de la cyanose ou du trouble de la respiration; mais bientôt après nous avons observé des cas où la cyanose avait existé sans lésion appréciable des bronches. La plupart des observations qui précèdent nous en fournissent des exemples irrécusables. Il nous fallut renoncer à cette interprétation des faits. La cyanose ne pouvait dépendre de l'éruption bronchique toute seule, puisque cette dernière pouvait manquer sans que la cyanose cessât de se manifester.

Toutefois nous avons remarqué la coïncidence d'une plus grande dyspnée avec l'éruption bronchique. Aussi ce symptôme nous faisait toujours craindre que l'éruption ne s'étendît aux voies aériennes; notre pronostic était beaucoup plus grave, et souvent nous ne nous sommes pas trompés. Il était important d'arrêter les progrès de l'éruption, et de l'empêcher d'envahir les bronches. C'est dans ce but que l'un de nous, M. Serres, employa l'ipécacuanha. Cette méthode, comme on le verra plus loin, eut plusieurs fois un succès complet.

Nous nous bornons à jeter ces idées en avant: bientôt les faits viendront confirmer les indications que nous déduisons de la connaissance des lésions anatomiques. C'est ainsi qu'on doit faire servir l'anatomie pathologique à éclairer la thérapeutique.

Observation 11[e]. — Un maçon, âgé de 46 ans, doué d'une bonne constitution, entra à l'hôpital le 29 juin. Depuis hier matin, il était en proie aux accidents qui caractérisent la

psorentérie : la diarrhée en marqua l'invasion; les vomissements et les crampes ont bientôt suivi la diarrhée. Quand nous le vîmes, il n'avait subi aucun traitement, et n'offrait plus les moindres chances de salut; c'était presque un cadavre : aussi une heure après son arrivée il avait cessé de vivre.

Nous n'avons pas besoin de décrire les phénomènes que nous avons remarqués chez ce malade; assez de fois nous les avons signalés. Nous nous bornerons à mentionner les douleurs excessives que le malade nous accusa sur le trajet du *rachis :* jamais nous n'avons observé, dans cette région, des douleurs aussi intenses. Quant aux crampes, quant à l'absence du pouls, quant à la cyanose, quant à la dyspnée, tous ces symptômes existaient au plus haut degré. Nous ajouterons seulement que le malade se plaignit également d'une chaleur âcre dans l'intérieur du ventre, jusqu'au dernier instant de sa vie; et cependant ses membres étaient glacés, et cependant la circulation était presque anéantie.

NÉCROPSIE. — Roideur cadavérique; quelques taches violacées sur les membres.

Tube digestif. — Le *pharynx, l'œsophage,* ne nous ont rien offert de particulier. *Estomac :* membrane muqueuse injectée par points et par plaques; quelques granulations blanchâtres près de l'orifice pylorique. Ces granulations sont entourées d'une injection plus marquée que partout ailleurs.

Duodénum et jéjunum. — Granulations nombreuses, blanchâtres, avec ou sans dépression centrale, grosses comme un grain de chènevis. Vers la partie moyenne du jéjunum, les granulations sont moins rapprochées, et leur volume est plus petit qu'au commencement et vers la fin de cet intestin. Les

vaisseaux sous-muqueux sont très-injectés; la membrane interne n'est ni ramollie ni épaissie.

Iléon. — Dans toute l'étendue de l'iléon les granulations sont confluentes; elles ont le volume et l'aspect des pustules argentines de la variole; elles sont opalines et renferment un liquide transparent ou opaque et laiteux. Ce fluide ressemble à celui rendu pendant la vie, et contenu dans les intestins. (Toutes les personnes qui furent témoins de cette éruption se sont écriées que c'était une espèce de variole interne.) Un grand nombre de vaisseaux sous-muqueux étaient injectés et décrivaient des arborisations. Leurs extrémités semblaient aboutir à chaque granulation. La plupart de ces granulations n'avaient point de dépression centrale.

Gros intestins. — Granulations en grand nombre, déprimées à leur centre, grosses comme une lentille, et remplies d'un fluide séreux ou laiteux. 25 plaques de Peyer dans l'iléon, légèrement saillantes, d'une teinte rouge foncée. Les matières contenues dans les intestins sont blanchâtres, floconneuses. *Ganglions mésentériques* dans l'état normal. *Reins, vessie, foie, rate,* comme dans la plupart des observations précédentes.

Poitrine. — Les poumons sont libres d'adhérence, revenus sur eux-mêmes, affaissés; ils remplissent à peine la moitié de la cavité thoracique; les vésicules pulmonaires sont presque entièrement vides d'air; les vaisseaux qui les parcourent contiennent fort peu de sang; il n'y a aucune trace d'engouement sanguin, même en arrière. Les *bronches* sont remplies de mucosités puriformes qui, sous l'aspect de flocons blanchâtres, cachent un grand nombre de granulations. De prime abord, on eût

pris ces flocons blanchâtres pour autant de pustules; mais nous avons évité facilement cette erreur, en lavant les bronches avec soin. Les granulations, mises à découvert, étaient grosses comme un grain de millet; autour de ces granulations, la membrane muqueuse était injectée, rougeâtre. Nous distinguâmes ce genre de lésion, depuis la partie moyenne de la trachée-artère jusqu'aux troisièmes bifurcations bronchiques. Le *larynx* ne nous a rien offert de particulier. Le *cœur* est gorgé d'un sang noir, visqueux, et ressemblant à de la gelée de groseilles trop cuite; les gros vaisseaux en sont également remplis; les artères des membres sont vides.

Système nerveux. — Vaisseaux sous-arachnoïdiens très-injectés; peu de sérosité dans le canal céphalo-rachidien; cerveau d'une consistance normale; il est sablé de points rouges. La protubérance cérébrale est d'une teinte rosée; elle nous a paru plus injectée que dans l'état ordinaire. *Moelle épinière :* rien d'anomal.

Observation 12e. — Un serrurier, âgé de 56 ans, doué d'un tempérament bilieux, d'une constitution détériorée, réduit au marasme, entra à l'hôpital le 23 juin.

Pendant les mois d'avril et de mai, cet homme fut plusieurs fois atteint d'une diarrhée abondante, sans cependant interrompre ses travaux. (Depuis huit ans, il avait presque constamment de la diarrhée.) Enfin, il y a huit jours, le dévoiement reparût avec une plus grande intensité : jusqu'au 22 juin les déjections étaient jaunâtres; mais hier soir la diarrhée s'accrut, et revêtit les caractères de la psorentérie; les vomissements et les crampes éclatent, la voix faiblit et se

casse. Le 23, à neuf heures du matin: face abattue, froide, bleue; œil enfoncé dans l'orbite, pupilles resserrées, peu mobiles; conjonctives injectées; nez effilé; céphalée frontale; langue humide, violacée, couverte d'un enduit blanchâtre; soif inextinguible; vomissements opiniâtres; douleur épigastrique; sentiment d'oppression dans la région du diaphragme; respiration haute, costale (35); expansion pulmonaire faible. (Ce malade respire comme un individu affecté du *croup*, ou comme les animaux chez lesquels on a pratiqué la section des nerfs de la huitième paire.) Le cœur semble osciller, du moins son choc est imperceptible et ne fait entendre qu'un léger frémissement; le pouls est insensible; les extrémités bleues, froides; la peau ne conserve aucune trace de son élasticité; les membres sont agités de crampes; la diarrhée est d'une abondance extrême (déjections blanches et floconneuses); absence d'urine. (Infusion de thé, limonade citrique, eau de Seltz, potion gommeuse, 1/4 lavements amidonnés et laudanisés, frictions, 15 sangsues à l'épigastre.)

De plus en plus mal. Tous les symptômes précédents s'aggravent; le froid devient général; la cyanose envahit les membres; la face se cadavérise; le ventre seul reste chaud; les intestins seuls continuent d'agir, comme l'indiquent et la diarrhée et les vomissements. Quant à la respiration, elle s'embarrasse de plus en plus, et à sept heures du soir le malade rendit le dernier soupir.

Nécropsie. — La cyanose a disparu; les membres sont roides et d'une maigreur excessive.

Appareil digestif. — *OEsophage* parsemé de granulations entourées d'une injection des vaisseaux capillaires. *Estomac:* granulations miliaires près des orifices cardiaque et pylori-

que; membrane muqueuse épaissie et ramollie; rougeur pointillée et arborisée.

Duodénum et jéjunum. — Nous retrouvons, dans cette partie du canal digestif, les mêmes granulations miliaires, avec une injection pointillée et granulée de la membrane muqueuse.

Dans l'*iléon,* les granulations se touchent; leur volume varie depuis un grain de chènevis à un pois à cautère; la plupart sont remplies d'un fluide séreux ou laiteux. Ces granulations ressemblent aux pustules argentines de la variole. La membrane interne est d'un rouge vif; l'injection prédomine autour des granulations; quelques plaques de Peyer sont très-injectées.

Gros intestins. — Les granulations ont acquis un grand développement; les vaisseaux sous-muqueux sont fortement injectés. Les *matières* contenues dans le tube digestif sont blanches, floconneuses, dans la partie supérieure, ensuite elles deviennent de plus en plus rougeâtres, sanguinolentes. *Ganglions mésentériques, reins, vessie, foie, rate,* comme dans les cas précédents.

Poitrine. — Les poumons adhèrent aux côtes: tous deux sont fortement engoués; celui du côté gauche est même splénisé et exhale une odeur comme gangréneuse; leur tissu ne renferme presque pas d'air; les rameaux vasculaires qui parcourent chaque poumon sont gorgés d'un sang épais, noirâtre et carbonisé. Les *bronches* et la *trachée-artère* contiennent un liquide visqueux, semi transparent et subgélatineux; ce liquide obstrue les dernières ramifications bronchiques. La tunique interne est rouge, et couverte d'un grand nombre de granulations miliaires et rougeâtres; ces granulations s'apercevaient

avec netteté sous l'eau et au soleil. *Cœur :* rien de particulier.
Système nerveux sain.

Observation 13e. — Dufresnoy, Augustine, âgée de 28 ans, journalière, douée d'un tempérament lympathique, d'une assez bonne constitution, entra à l'hôpital le 24 juin.

Le 21 juin, elle fut prise de diarrhée, sans coliques, sans réaction fébrile; le 22, rien de nouveau; le 23, la diarrhée augmente, et surviennent, en outre, des vomissements et des crampes. On lui donna une infusion de tilleul et de camomille, et on chercha à rappeler la chaleur vers la peau; mais les symptômes s'aggravèrent de plus en plus. Le 24 juin, face profondément abattue, froide, bleue; œil enfoncé; conjonctives injectées, pupilles resserrées; vomissements, diarrhée opiniâtres; selles liquides, analogues à de l'eau de savon. Douleur vive à l'épigastre; ventre déprimé, mat; respiration (40) costale, haute, pénible (comme lorsqu'on a pratiqué la section des nerfs pneumo-gastriques); l'expansion pulmonaire est faible; battements du cœur presque insensibles; le pouls a cessé de battre; les extrémités sont froides, bleues; les mains presque momifiées; la peau n'a plus d'élasticité; la voix cassée; crampes violentes; intelligence conservée. (Limonade citrique 3, liqueur saline composée de : eau de gomme, un litre; sel marin gs 40; bicarbonate de soude, gs 20; chlorate de potasse, gs 10; potion gommeuse, eau de Seltz, deux quarts de lavements avec sulfate de soude ʒ jv, sel marin ʒ jj ; 20 sangsues à la région épigastrique.)

Le soir, un peu moins mal; le pouls est devenu perceptible (110); cyanose moins prononcée; du reste, mêmes symp-

tômes, excepté les vomissements, qui sont verdâtres et amers. (Sinapismes promenés sur les membres.) Le 25 juin, le pouls est de nouveau insensible; l'hypogastre d'une douleur excessive; anxiété précordiale, étouffements; du reste, même état. (30 sangsues autour de l'ombilic; frictions sur le rachis avec la teinture de noix vomique; limonade citr. 3, eau de Seltz; gomme aromatisée, pot. gom. 2.) Aucun soulagement n'a suivi l'emploi des moyens précédents; la cyanose s'étend davantage, les mains se momifient, et la mort survient, le 26, à cinq heures du matin.

Nécropsie. — Rigidité des membres, cyanose presque entièrement dissipée; tache brune sur le globe de l'œil, desséchement de la sclérotique, diminution des humeurs de l'œil, liquide puriforme dans le sac lacrymal; rougeur de la membrane muqueuse qui tapisse ce réservoir.

Appareil digestif. — *Œsophage* parsemé de granulations blanchâtres, sans injection des capillaires. *Estomac :* Membrane muqueuse plissée, rouge par points et par plaques, épaissie, ramollie; quelques granulations folliculeuses dans le grand cul-de-sac.

Duodénum et jéjunum. — Granulations rudimentaires, à peine visibles; absence de rougeur; glandes de Peyer dans l'état normal.

Iléon. — Si le jéjunum ne nous offrit que des granulations rudimentaires, il n'en fut pas de même de l'iléon. La membrane muqueuse était d'un rouge foncé et presque lie-de-vin; elle était couverte de granulations dont le volume égalait un grain de chènevis; la plupart de ces granulations étaient fraisées, solides, papuleuses; d'autres, en plus petit nombre, contenaient un fluide laiteux, et offraient une teinte opaline.

Gros intestins. — Granulations confluentes, déprimées à leur centre (follicules isolées); injection remarquable des vaisseaux sous-muqueux. Le duodénum et le jéjunum renferment des matières jaunâtres, visqueuses, qui adhèrent à la membrane muqueuse. Dans l'iléon, au contraire, nous rencontrons un liquide rougeâtre, lie-de-vin, comme sanieux et mêlé de nombreux flocons. *Ganglions mésentériques, foie, rate, reins, vessie, appareils circulatoire et nerveux,* comme dans les observations précédentes.

Poumons. — Leur base recouvre à peine le quart du diaphragme, leur parenchyme est grisâtre et entièrement exempt d'engouement sanguin. Les *bronches* et la *trachée-artère* sont tapissées par une matière plastique, blanchâtre, et comme pseudo-membraneuse; cette substance adhère à la membrane muqueuse, sans obstruer les bronches, sans intercepter le passage de l'air. Au-dessous, nous trouvâmes la membrane muqueuse rouge et couverte de granulations miliaires.

Observation 14[e]. — Un charretier, âgé de 40 ans, d'une constitution affaiblie, était entré à l'hôpital le 27 juin pour une ginglivite scorbutique; il n'accusait aucune autre souffrance, lorsque le 30 juin, à deux heures du matin, il fut pris de diarrhée et d'un malaise inexprimable dans la région abdominale; les vomissements et les crampes ne tardèrent pas à se développer. L'élève de garde lui prescrivit des lavements amidonnés et laudanisés et la limonade citrique glacée; on l'entoura de boules remplies d'eau chaude; sinapismes et frictions sur les membres. A 8 heures du matin, tous les phénomènes de la psorentérie la plus intense s'ob-

servaient déja; la face était cadavérisée, froide; la respiration anxieuse, costale (45 par minute). Le pouls insensible, les selles fréquentes, blanchâtres et floconneuses; les vomissements presque nuls, les crampes très-vives, la voix éteinte, la peau non élastique, la cyanose commençante. (Infusion de thé, limonade citrique glacée, pot. gom., potion anti-émétique de Rivière, frict.) De plus en plus mal. Mort à 6 heures du soir.

Nécropsie. — Rien de particulier à l'extérieur.

OEsophage. — Quelques granulations blanchâtres vers la partie inférieure, érosion de l'épithellium par points et par plaques; la membrane muqueuse est entièrement dénudée en bas; les vaisseaux qui rampent au-dessous de la membrane muqueuse sont presque mis à nu, ils sont noirâtres.

Nous avons dû noter cette lésion de l'œsophage, bien qu'elle ne nous semble avoir joué aucun rôle dans la production des phénomènes cholériques.

Estomac. — Membrane muqueuse pointillée et marbrée de rouge. Dans le grand cul-de-sac, elle est ramollie et se détache difficilement en lames. Quelques granulations miliaires près de l'orifice cardia.

Duodénum. — Glandes de Brunner peu développées; matières muqueuses et jaunâtres qui adhèrent à la membrane interne.

Jéjunum. — Deux pieds au-dessous du duodénum, commencent à paraître les granulations; elles sont entourées d'une injection des capillaires. Les plaques de Peyer sont rouges, mais non saillantes. En général, l'éruption granulée avait jusqu'ici peu de développement.

Iléon.—Les granulations deviennent plus rapprochées et plus grosses; elles sont confluentes, la plupart sont remplies d'un

fluide séreux ou laiteux, et ressemblent aux pustules argentines de la variole; les plaques de Peyer sont saines en apparence. La rougeur de la membrane muqueuse est d'autant plus prononcée que les granulations le sont elles-mêmes davantage. Dans les *gros intestins*, les granulations sont nombreuses, déprimées à leur centre, et remplies de liquide séreux ou laiteux. Les vaisseaux sont moins injectés que dans l'iléon. Les *matières* contenues dans les intestins *grêles* sont blanches, analogues à l'eau de riz. Dans les gros intestins, elles sont épaisses et presque puriformes. Le foie, la rate, les reins et la vessie, comme dans les observations précédentes.

Poitrine. — Poumons affaissés, d'une teinte grise et non gorgés de sang. Dans les *bronches,* nous trouvâmes jusqu'aux troisièmes bifurcations bronchiques, une exsudation blanchâtre semi liquide, visqueuse et adhérente à la membrane muqueuse; au-dessous nous vîmes la surface interne des bronches rouge, injectée et couverte de granulations miliaires. La *trachée-artère* elle-même était parsemée de plaques rouges et de granulations miliaires. Dans les *petites bronches,* nous rencontrâmes un liquide visqueux, et comme subgélatineux; leur calibre n'était pas entièrement obstrué par ce liquide.

Appareils circulatoire et nerveux, comme dans les observations précédentes.

Observation 15e. — Bourgeois (Prudence), âgée de 29 ans, journalière, douée d'un tempérament sanguin, d'une constitution affaiblie, portait depuis quelque temps une maladie organique de l'utérus. Elle était entrée dans la division de M. Lisfranc pour y subir le traitement que réclamait ce

genre d'affection. Elle n'avait encore été soumise à aucune exploration, lorsque le 19 juin, vers les 9 heures du soir, elle fut prise de dévoiement. Déja le matin elle avait ressenti un malaise général; déja elle avait éprouvé un dégoût pour les aliments. Au milieu de la nuit, la diarrhée augmenta et bientôt apparaissent tous les symptômes du choléra confirmé.

Le 20 juin, transportée dans le service de M. Serres, nous la vîmes dans l'état suivant : face abattue, froide, violacée, œil enfoncé dans l'orbite, conjonctive injectée, pupilles normales, lèvres violacées, langue rouge à la pointe, humide, couverte d'un enduit blanchâtre au milieu, nausées continuelles, vomissements de matières liquides, incolores, insipides, épigastre d'une douleur excessive à la moindre pression, ventre tendu, indolent au-dessous de l'ombilic (comme nous le verrons plus tard, le plus grand volume du ventre dépendait de l'utérus; ce phénomène était donc étranger aux symptômes cholériques). Selles abondantes, floconneuses, absence d'urine. Respiration costale (46), des plus anxieuses; la malade réclamait de l'air. L'expansion pulmonaire est bruyante, l'air entre avec vitesse dans les poumons et il en sort avec non moins de force; pouls misérable (98), battements du cœur à peine sensibles, extrémités bleuâtres, froides, glacées, sentiment d'une chaleur brûlante dans le ventre, soif inextinguible, voix cassée, crampes vives dans les membres, sensibilité et intelligence intactes. (Saignée d'une palette, limonade citrique glacée, potion gommée, potion anti-émétique de Rivière, lavements amidonnés et laudanisés, frictions, sinapismes. Le sang coula en nappe, il était noir, visqueux et comme graisseux, et se prit en masse comme de la gelée de groseilles trop cuite.) La saignée ne procura qu'un

soulagement fugace; la cyanose qui s'était dissipée d'abord, ne tarda pas à reparaître; le pouls faiblit et cessa de battre; en un mot, de plus en plus mal. Mort à une heure du soir; les vomissements ont été abondants; les facultés intellectuelles n'ont cessé qu'avec la vie.

NÉCROPSIE.—Rien de particulier à l'extérieur.

Estomac.—Membrane muqueuse d'une teinte rosée, légèrement épaissie et ramollie; granulations miliaires dans la portion pylorique, prédominance de l'injection autour des granulations.

Intestins grêles. — Tunique interne généralement pâle; injection des vaisseaux sous-jacents. Granulations nombreuses et d'autant plus rapprochées qu'on descend vers *l'iléon*, où elles sont confluentes, et où leur volume égale celui d'un grain de chènevis et d'un pois à cautère : les unes sont opalines et renferment un liquide séreux ou laiteux; les autres sont solides, la plupart manquent de dépression centrale. Les plaques de Peyer sont en très-grand nombre : nous en avons compté 38. Elles étaient d'une teinte rosée.

Gros intestins. — La membrane muqueuse est couverte de granulations lenticulaires qui toutes sont ombiliquées; un liquide séreux les remplit, l'injection des vaisseaux sous-muqueux est presque nulle. Nous trouvâmes dans les intestins des *matières* blanches et un grand nombre de *vers* lombrics. Le *foie, sa vésicule* et la *rate,* même état que dans les observations précédentes. Les *reins* sont diminués de volume, leur substance mamelonnée est gorgée de sang noir : le *bassinet* et *l'uretère gauches* sont énormément dilatés et remplis d'urine opaque puriforme; cette dilatation était due à la présence d'un *calcul* dans l'uretère, quelques pouces au

dessus de la vessie. Le calibre de l'uretère égalait celui d'un intestin grêle; ses parois étaient épaissies et généralement pâles. Au-dessous du *calcul,* l'uretère avait conservé ses dimensions ordinaires. Rien de semblable ne s'observait du côté droit : le bassinet et l'uretère de ce côté n'étaient point altérés. La *vessie* était rétractée et renfermait un liquide purulent, deux cuillerées environ, sans rougeur aucune de sa membrane muqueuse. La *matrice* était volumineuse, elle dépassait le pubis de quelques pouces et renfermait un *fœtus* long de cinq ou six pouces. Le liquide amniotique était transparent et jaunâtre. Le col de *l'utérus* portait un commencement d'ulcération cancéreuse; la lèvre antérieure était plus affectée que la lèvre postérieure. Il y avait de la rougeur, mais point d'inégalité. Au-dessous de l'ulcération le tissu de l'utérus était évidemment lardacé, squirrheux.

Poitrine. — Les *poumons* diffèrent entre eux sous le rapport du volume : celui du côté gauche, libre d'adhérence, est affaissé et sa base recouvre à peine le quart du diaphragme; celui du côté droit a contracté des adhérences avec les côtes ; aussi moins affaissé, il renferme une plus grande quantité d'air et ses vaisseaux sont plus injectés. Les *bronches* sont obstruées en partie par des mucosités visqueuses et blanchâtres, mais plus à gauche qu'à droite. Leur membrane muqueuse est rouge et parsemée de granulations miliaires.

Appareils circulatoire et nerveux, et comme dans les cas précédents.

Observation 16[e]. — Une domestique âgée de 58 ans, douée d'une forte complexion, extrêmement replète, entra à l'hôpital le 22 juin. Elle avait depuis trois jours de la diarrhée,

elle put vaquer à ses occupations jusques à hier soir. Tout à coup, au milieu de la nuit dernière, la diarrhée augmente, les vomissements et les crampes apparaissent, le ventre s'endolorit, la respiration s'embarrasse; en un mot, les accidents cholériques se déclarent. 25 sangsues ont été appliquées à l'anus, elles n'ont donné qu'une faible quantité de sang, et n'ont amené aucun soulagement; les symptômes ont continué de s'aggraver. Transportée à l'hôpital vers 5 heures du soir, nous trouvâmes la malade dans l'état suivant :

En proie aux souffrances les plus vives, elle s'agitait continuellement dans son lit, elle ne trouvait aucune position qui la soulageât; elle était menacée de suffocation. Dans chaque mouvement respiratoire, les côtes seules se soulevaient, le diaphragme restait immobile; on eût dit qu'un poids énorme comprimait sa poitrine. Nous ne saurions donner de cet état une meilleure idée qu'en le comparant à celui que présentent les animaux qui ont subi la section des nerfs pneumo-gastriques. La malade rapportait à la région épigastrique et la gêne de sa respiration et ses plus grandes douleurs. L'expansion pulmonaire s'entendait, mais faiblement; les battements du cœur étaient obscurs (c'était une espèce d'oscillation de cet organe). Le pouls radial avait disparu, les artères humérale, carotide, donnaient des pulsations fréquentes, mais dépressibles (120); le tronc cœliaque battait avec assez de force; l'enveloppe cutanée était froide, glacée aux membres et à la face; l'abdomen seul était chaud. La cyanose avait envahi les extrémités et une grande partie de la face. Les membres étaient agités de crampes violentes et répétées; le ventre mat, tendu, ne pouvait supporter la moindre pression; les vomissements et la

diarrhée d'une abondance extrême; les matières rendues par les selles étaient analogues à l'eau de savon. Aucune boisson ne calmait la soif; la voix éteinte, soufflée; absence d'urine. Intelligence et sensibilité conservées. (Saignée d'une palette, limonade citrique glacée, potion gommée, lavement eau ℥vjjj, sulfate de soude ʒjv, sel marin ʒjj. Frictions, sinapismes). Le sang s'écoula lentement et presque goutte à goutte; il était noir, carbonisé, visqueux et comme graisseux. Exposé au contact de l'air, il ne rougit qu'après un laps de temps fort long; étendu d'eau, il devint rouge, vermeil, d'une manière presque instantanée.

Immédiatement après la saignée, la cyanose avait disparu, mais cet effet ne fut pas de longue durée. La respiration s'embarrassa de plus en plus, la cyanose se reproduisit. Les selles ont persisté avec autant d'abondance; elles devinrent sanguinolentes, et la malade succomba à 11 heures du soir.

Nécropsie. — Rigidité commençante, traits peu altérés, cyanose presque effacée aux membres. Obésité remarquable. Nous trouvâmes le tissu cellulaire sous-cutané rempli de graisse et constituant une couche dont l'épaisseur variait de 3 à 4 pouces, soit aux membres, soit au tronc.

Appareil nerveux. — *Arachnoïde* lisse et légèrement humectée; les vaisseaux sous-jacents étaient injectés et décrivaient de nombreuses arborisations à la surface des circonvolutions cérébrales. La substance du *cerveau* était sablée de points rouges. Du reste, sous le rapport de sa consistance et de sa structure, elle n'avait subi aucun changement. Les ventricules du cerveau contenaient à peine une cuillerée de sérosité limpide. *Canal rachidien, moelle épinière,* rien d'ano-

mal. Le *tube digestif* nous a offert des lésions presque identiques avec celles que nous avons indiquées dans l'observation précédente. Mêmes granulations dans toute l'étendue de cet appareil d'organes; même confluence, plus marquée dans l'iléon que partout ailleurs. Toutefois la plupart des granulations iléiques étaient rouges, fraisées et déja solides, papuleuses; le plus petit nombre était rempli d'un fluide séreux ou laiteux. Les granulations du gros intestin étaient déprimées à leur centre et contenaient un fluide séreux, laiteux ou sanguinolent. Enfin ajoutez que les vaisseaux sous-muqueux étaient généralement très-injectés et donnaient à la membrane muqueuse une rougeur presque uniforme. Les plaques de Peyer n'étaient point tuméfiées. Les matières renfermées dans le *duodénum* étaient jaunâtres, visqueuses et adhérentes à la membrane interne. Dans le jéjunum, elles étaient d'abord jaunâtres, ensuite elles devenaient blanches et floconneuses. Enfin, dans l'iléon et dans le gros intestin, elles étaient sanguinolentes. *Foie, rate, reins, vessie;* comme dans les observations précédentes.

Poitrine. — Le poumon droit, uni aux côtes par d'anciennes adhérences, avait un volume ordinaire. Le poumon gauche, libre d'adhérence, était affaissé et presque niché dans la gouttière vertébrale. Il était presque entièrement vide de sang. Des mucosités visqueuses et blanchâtres tapissaient la surface interne des tuyaux aériens. Ces mucosités obstruaient presque entièrement les *bronches,* jusqu'à leurs troisièmes bifurcations : cela était plus prononcé à gauche qu'à droite. Au-dessous de ces mucosités, la membrane interne était rouge, pointillée et parsemée de granulations miliaires. Appareil circulatoire et fluide sanguin, comme dans les observations précédentes.

QUATRIÈME SÉRIE DE FAITS.

Mort survenue du quatrième au sixième jour.

OBSERVATION 17e. — Lucan, Henri, âgé de 30 ans, ouvrier, doué d'une bonne constitution, entra à l'hôpital le 28 juin.

Premier jour. — Le 27 juin, quelques heures après avoir déjeuné comme à son ordinaire, il sentit un malaise général, de légers frissons et un embarras inexprimable dans la région de l'abdomen. Ces phénomènes ont bientôt été suivis de diarrhée, de vomissements et de crampes, en un mot, d'accidents cholériques. Presque aussitôt on chercha à rappeler la chaleur vers la peau; on lui appliqua 15 sangsues à l'épigastre, on lui donna des boissons glacées.

Deuxième jour. — Le 28, quinze heures après l'invasion, la face était profondément altérée, les yeux enfoncés et ternes, la langue froide et violacée, la soif inextinguible, l'épigastre douloureux avec et sans la pression; borborygmes, vomissements et diarrhée (*cholériques*), mêlés de nombreux flocons blanchâtres; crampes répétées et violentes; la voix cassée; la respiration (30) costale, anxieuse; battements du cœur très-faibles, mais sensibles à l'oreille et à la main; pouls (110) petit, dépressible; extrémités froides et violacées. L'élasticité de la peau n'est point abolie. (20 sangsues à l'épigastre, limonade citrique glacée, 3 pots; potion gommeuse, eau de Seltz, frictions, un quart de lavement amidonné et laudanisé, cataplasmes laudanisés sur le ventre.)

Troisième jour. — Le 29, amélioration notable; la chaleur est revenue aux extrémités; la face est abattue mais moins

altérée; les selles ont changé de nature : elles sont jaunâtres et contiennent peu de flocons blancs; les vomissements sont verdâtres, amers; l'épigastre est toujours très-douloureux; le ventre n'est presque pas tendu; les urines coulent peu abondantes, la respiration conserve de l'anxiété; le pouls (120) petit, faible. (20 sangsues autour de l'ombilic; reste *ut suprà.*)

Quatrième jour. — Le 30, le dévoiement est suspendu, mais les vomissements verdâtres continuent; la face est empreinte de stupeur, elle est congestionnée; la prostration générale; le ventre chaud, tendu et douloureux; le pouls petit, fréquent; les extrémités sont tièdes. (Limonade citrique glacée, potion anti-émétique de Rivière, cataplasmes laudanisés sur le ventre, demi-lavement avec la décoction de graines de lin et addition de camphre g^s vj et sulfate de quinine g^s vj.)

Cinquième jour. — Le 1er juillet, la réaction se maintient, mais la face se congestionne davantage; l'assoupissement marche croissant, les yeux restent abattus, les vomissements bilieux se montrent opiniâtres. Ajoutez à cela que le ventre est ballonné; que la pression excite de la douleur autour de l'ombilic; que la peau est chaude, âcre, sèche; que le pouls reste fréquent, dépressible.

La diarrhée a complètement cessé, la respiration s'exécute avec moins d'anxiété. Cependant nous regardâmes le malade comme dans un danger imminent : nous pensâmes qu'à la psorentérie avait succédé une inflammation réelle de la membrane muqueuse gastro-intestinale. Tout nous faisait craindre une terminaison fâcheuse. (Limonade citrique glacée, 4 pots, cataplasmes émollients sur le ventre, lavement avec 10 g^s de camphre et 10 g^s de sulfate de quinine.)

Jusqu'ici nous avions observé de l'assoupissement, mais aucun désordre de l'intelligence, aucune trace de délire. Tout à coup vers les deux heures du soir, Lucan fut pris de délire, avec agitation des plus intenses. On appliqua 10 sangsues derrière chaque oreille, on promena des sinapismes sur les membres; enfin, des compresses imbibées d'eau froide furent appliquées sur la tête. Le délire et l'agitation sont restés opiniâtres, et la mort est survenue le 2 juillet à 7 heures du matin.

NÉCROPSIE. — *Appareil extérieur.* — Rien de remarquable.

Tube digestif. — *Estomac :* membrane muqueuse d'un gris ardoisé, épaissie, non ramollie.

Duodénum et jéjunum. — Granulations miliaires très-peu développées; glandes de Peyer dans l'état normal; injection arborisée des vaisseaux sous-muqueux ; tunique interne légèrement épaissie.

Iléon. — Si jusqu'ici nous n'avons point encore rencontré de lésions capables de nous expliquer la marche de la maladie et sa terminaison fâcheuse ; si l'estomac et le commencement de l'intestin grêle se sont montrés à nous dans un état presque normal, il n'en fut pas de même de *l'iléon.* Là, nous découvrîmes les altérations du plus haut intérêt; là, nous vîmes d'une manière plus distincte et plus péremptoire que jamais, le siége de la psorentérie. Nous allons essayer d'en décrire les principaux caractères. Tandis que la partie supérieure du tube digestif renfermait des matières jaunâtres et dont la nature bilieuse n'était point équivoque, l'iléon était rempli d'une substance rougeâtre, visqueuse et sanguinolente ; cette substance adhérait à la tunique interne, la recouvrait dans toute son étendue, et

masquait les altérations qui suivent : la membrane muqueuse était rouge et même brunâtre dans plusieurs endroits : la rougeur n'était pas ici un phénomène de simple imbibition, car un lavage prolongé ne l'a pas fait disparaître; elle ne dépendait pas d'une stase du sang dans les capillaires, car non-seulement la membrane muqueuse était rouge, mais elle offrait une hypertrophie notable, mais elle était ramollie. Voilà ce que l'examen superficiel eût permis de découvrir. Voici ce que nous avons aperçu en explorant la membrane muqueuse avec plus d'attention.

Sa surface interne était inégale, bosselée, en un mot, recouverte de granulations multiples et confluentes; ces granulations étaient si nombreuses et si rapprochées, qu'elles ne laissaient entre elles aucun intervalle; la membrane muqueuse semblait s'être transformée en granulations. Toutes étaient fortement injectées d'un rouge brunâtre et presque uniforme. Leur volume égalait celui d'un pois à cautère, leur base faisait saillie dans le tissu cellulaire sous-muqueux. La plupart étaient arrondies à leur sommet, quelques-unes offraient une certaine dépression et commençaient à s'ulcérer. Chaque petite ulcération se distinguait par une teinte jaunâtre qui contrastait d'une manière frappante avec la coloration rougeâtre des tissus environnants. Cette teinte jaunâtre dépendait d'une pseudo-membrane qui tapissait la surface ulcérée. En détachant cette couche pseudo-membraneuse, on mettait à nu le fond de l'ulcération qui, par sa teinte rougeâtre, se confondait avec le reste de la membrane muqueuse, mais qui s'en distinguait par ses bords déchirés et inégaux. Les glandules de Peyer, quoique injectées et presque aussi rouges que les parties circonvoisines, avaient conservé

leur épaisseur normale; aussi se distinguaient-elles par autant de plaques déprimées. Ce phénomène est l'inverse de celui qu'on observe dans la fièvre entéro-mésentérique; car, dans cette affection, les glandules de Peyer forment des plaques saillantes au-dessus de la membrane muqueuse; elles sont boursouflées et dépassent plus ou moins le niveau de la tunique muqueuse. Ici au contraire, comme nous l'avons dit plus haut, les glandules de Peyer étaient notablement affaissées, déprimées au-dessous des parties ambiantes.

L'insufflation du tissu cellulaire sous-muqueux produit un phénomène semblable; l'air soulève la membrane muqueuse, à l'exception des glandes de Peyer: celles-ci restent accolées à la tunique musculeuse; elles apparaissent déprimées et se distinguent aisément des autres tissus. Que l'air boursoufle la membrane muqueuse, que celle-ci se tuméfie spontanément, que des granulations se développent dans son tissu, qu'importe; si les glandes de Peyer ne participent point à la tuméfaction de la membrane muqueuse, elles se montreront déprimées au-dessous des parties adjacentes.

Gros intestins. — Quelques granulations se remarquaient dans les gros intestins. Du reste, la membrane muqueuse était fort peu injectée. Absence de ramollissement et d'épaississement. *Ganglions mésentériques* dans l'état normal. *Rate* d'un volume ordinaire, peu gorgée de sang, non ramollie. *Vésicule biliaire* remplie d'un fluide visqueux, filant incolore, et analogue sous tous les rapports à du blanc d'œuf. La membrane interne de la vésicule est dépouillée de son velouté, elle est rougeâtre et fortement injectée. Les conduits *hépatique* et *cholédoque* sont remplis d'un liquide jaunâtre et biliaire. *Reins* dans l'état normal. *La vessie* renferme une

grande quantité d'urine limpide. *Poumons* engoués en arrière. *Bronches* saines. *Cœur* gorgé de sang coagulé, noir et couvert à sa surface d'une couenne blanchâtre. *Appareil nerveux*. — Vaisseaux sous-arachnoïdiens très-injectés; sérosité limpide dans tout le canal céphalo-rachidien; les ventricules contiennent environ trois cuillerées de sérosité. *Substance cérébrale* sablée de points rouges. *Moelle épinière*, de forme, de consistance et de couleur normales.

Réflexions. — Voici un exemple de psorentérie que nous n'avons point encore indiqué. C'est pour ce motif que nous l'avons rapporté avec détail. Il va nous fournir des conséquences extrêmement importantes. Nous n'avons que peu de chose à dire des phénomènes primitifs; ils ont été les mêmes, ou, à peu de chose près, les mêmes que ceux que nous avons tant de fois décrits. Cependant nous devons faire remarquer que, dès le principe, il y avait des symptômes non équivoques d'une inflammation gastro-intestinale; du moins, c'est ce que nous révèlent et la douleur excessive du ventre, et la fréquence du pouls que nous avons notées dès l'entrée de Lucan. Aussi a-t-on cherché à combattre la complication inflammatoire par des applications réitérées de sangsues près du siége le plus voisin de la maladie. Sous l'influence du traitement, les phénomènes qui accompagnent l'éruption gastro-intestinale diminuent et s'arrêtent; la diarrhée floconneuse cesse, mais les phénomènes que nous rattachions à l'inflammation intestinale marchent croissants. A cette époque, la maladie change de nature: elle revêt tous les caractères d'une inflammation de la membrane muqueuse gastro-intestinale, une réaction surgit du côté de l'encéphale et la mort en est le résultat.

Avant l'autopsie cadavérique, nous nous attendions à rencontrer des traces d'une phlogose gastro-intestinale et d'une congestion sanguine vers le cerveau ; mais nous étions loin de soupçonner que, sous l'influence de l'inflammation consécutive, les granulations intestinales eussent acquis un aussi grand développement. Nous étions loin de penser que l'inflammation consécutive dût frapper de préférence les granulations, et épargner les glandes de Peyer ; nous étions loin de penser que le siége de la psorentérie fût précisément celui de l'entérite.

Cependant c'est ce qui résulte nécessairement des altérations que nous avons décrites plus haut. Car, en comparant les granulations hypertrophiées, rouges, avec les granulations que nous avions déja maintes fois observées, nous nous sommes assurés que ces granulations étaient les mêmes, qu'elles n'étaient pas moins nombreuses, pas moins confluentes. Mais ce que nous avions déja remarqué d'une manière moins distincte, il est vrai, c'est que les glandes de Peyer sont étrangères aux lésions de la psorentérie, ou du moins qu'elles n'y prennent qu'une part très-légère.

Pourquoi, si c'était, comme on le prétend, une gastro-entérite, verrions-nous les granulations tuméfiées, rouges et déja ulcérées, tandis que les glandes de Peyer resteraient déprimées, affaissées, et ne nous montreraient aucune trace de lésion ? Certes on est obligé de nous accorder que tous les tissus de la membrane muqueuse ne reçoivent pas l'influence de la cause épidémique, que les glandes de Peyer, entre autres, restent, pour ainsi dire, étrangères au milieu du désordre des glandules de Brunner et des pseudo-glandules.

Mais ce n'est pas tout. Nous pouvons encore déduire de

l'observation de Lucan, que les phénomènes morbides varient suivant les diverses périodes de l'éruption granuleuse; que l'inflammation de ces granulations ne suffit point pour expliquer les désordres fonctionnels, et qu'il en est de la psorentérie comme de toute espèce d'éruption cutanée; qu'elle a ses périodes diverses; que la diarrhée blanche, floconneuse, coïncide avec le début de l'éruption, et avec son état vésiculeux; que les phénomènes typhoïdes coïncident au contraire avec l'état inflammatoire de cette même éruption granuleuse. Ne voyons-nous pas les pustules varioliques se comporter de la même manière? Nous allons retrouver une marche à peu près semblable à celle que nous venons d'indiquer, dans les observations suivantes.

Observation 18e. Vilain, Joseph, âgé de 19 ans, imprimeur, doué d'une bonne constitution, mais affaibli par une nourriture de mauvaise qualité, entra à l'hôpital le 21 avril.

Depuis plusieurs jours, Vilain avait une diarrhée peu abondante; ce qui ne l'empêchait point de vaquer à ses travaux et de prendre des aliments. Le 16 avril la diarrhée augmente et devient plus liquide; même négligence de la part du malade. Le 21, des accidents beaucoup plus graves apparaissent; la diarrhée devient blanche, floconneuse; les vomissements, les crampes éclatent; en un mot, la psorentérie se déclare.

Quand nous le vîmes, les accidents avaient déja fait de grands progrès; la psorentérie entrait dans sa deuxième période; l'épigastre était douloureux, avec et sans la pression; les vomissements et la diarrhée caractéristiques; la

respiration anxieuse; le pouls fréquent, perceptible; la peau conservait encore un peu de chaleur, même aux extrémités : elle était légèrement violacée; les crampes étaient très-vives; appétence de boissons froides. (15 sangsues autour de l'ombilic, trois quarts de lavements amidonnés et laudanisés, lim. citrique, glace en fragments, frictions sur les membres.) Le soir, soulagement notable, la réaction commence à s'établir, la diarrhée et les vomissements sont moins abondants, mais avec les mêmes caractères; les crampes ont cessé; le pouls s'est un peu relevé; il est toujours fréquent; la face s'est congestionnée; la peau est chaude.

Le 22, mêmes phénomènes qu'hier soir; la réaction se soutient; mais la face se congestionne davantage, mais la langue est rouge, mais l'épigastre est douloureux; diarrhée, vomissements peu abondants, toujours blanchâtres; absence d'urine, voix cassée. (20 sangsues à l'épigastre, reste *ut suprà*, excepté les lavements laudanisés.)

Le 23, aucun soulagement, même état qu'hier, à l'exception de la diarrhée qui a complétement cessé, et des vomissements qui sont devenus verdâtres. Ces derniers symptômes sont d'un bon présage; mais la fréquence du pouls, la chaleur âcre de la peau, la douleur opiniâtre de l'épigastre, la congestion vers la tête, la stupeur empreinte sur la physionomie, indiquent une violente réaction inflammatoire survenue du côté de l'intestin; le malade est loin d'être exempt de danger. On insiste sur les adoucissants, sur la glace, les cataplasmes émollients et les lavements de même nature. Le soir, délire violent, agitation extrême; face rouge, turgescente; peau chaude, âcre; pouls (130); vomissements verdâtres et opiniâtres; ventre un peu tendu, ballonné; constipation; absence

d'urine. (8 sangsues derrière chaque oreille, mêmes boissons.)

Le 24, le délire encore plus marqué qu'hier, l'agitation plus violente ; le pouls redoublé (135). (20 sangsues à l'ombilic; 2 vésicatoires aux mollets; trois cataplasmes sur le ventre; lavement adoucissant, orge gommée.) Le 25, même état, même prescription. Le soir, au délire succède un coma profond; la respiration s'embarrasse et devient sifflante; le malade semble menacé de suffocation; le pouls est incommensurable; la langue est sèche; conjonctives injectées; pommettes rouges; ventre indolent; absence de vomissements; constipation. Cet état comateux se prolonge jusqu'à minuit. A cette époque survient une nouvelle agitation; enfin le malade mourut le 26, à 8 heures du matin.

Nécropsie. — *Appareil extérieur.* — Rien de particulier.

Tube digestif. — *Estomac :* membrane muqueuse parsemée de points et de plaques rouges; elle est épaissie et légèrement ramollie dans le grand cul-de-sac.

Duodénum et jéjunum. Nous n'y trouvâmes qu'un très-petit nombre de granulations; la membrane muqueuse était très-rouge, très-injectée, sans ramollissement.

Iléon. — Ici les granulations étaient d'autant plus multipliées et plus développées que nous descendions vers la valvule iléo-cœcale; ces granulations étaient confluentes dans les deux tiers de l'iléon; leur volume égalait un grain de chènevis ou de millet; elles étaient rouges, injectées, ainsi que le reste de la membrane muqueuse. Les plaques de Peyer étaient rouges, mais à peine tuméfiées. Dans les *gros intestins* nous trouvâmes un grand nombre de granulations avec une injection remarquable des vaisseaux sous-muqueux. Les *matières* renfermées dans le tube digestif étaient verdâtres et de na-

ture bilieuse; dans l'iléon elles étaient rougeâtres et mêlées de sang. Nous avons examiné les ganglions mésentériques, la rate, le foie, les reins, les poumons, le cœur, et les vaisseaux, nous n'y avons rien découvert d'important.

Appareil nerveux. — Les vaisseaux qui rampent au-dessous de l'arachnoïde et qui pénètrent dans le cerveau, sont très-injectés; le canal céphalo-rachidien est rempli d'une sérosité limpide qui distend les ventricules et imbibe la substance même du cerveau. D'ailleurs nous n'avons trouvé aucune autre lésion de la substance cérébrale et de la moelle épinière.

OBSERVATION 19e. — Tessier, Jean, âgé de 37 ans, maçon, doué d'une forte constitution, entra à l'hôpital le 19 avril. Malade depuis sept heures; invasion par des nausées, accompagnées d'un malaise général. Bientôt après, déjections liquides, vomissements et crampes. (Le malade avait déjeuné comme à son ordinaire.) Quand les premiers symptômes ont éclaté, Tessier travaillait à Gentilly, et il n'avait pu recevoir aucun secours avant son entrée.

Lorsque nous le vîmes, il nous offrit tous les symptômes de la deuxième période de la psorentérie : face abattue, violacée; selles blanchâtres, floconneuses ; vomissements insipides ; ventre tendu, mat, douloureux, avec et sans la pression; respiration anxieuse; pouls fréquent (110), faible, presque insensible; extrémités froides; teinte violacée des membres. La peau avait perdu son élasticité ; intelligence restée saine, etc., etc. (Saignée d'une palette et demie; limonade citrique glacée, 3 pots; glace en fragments; gomme aromat; eau de Seltz; potion gommée; potion anti-émétique de Rivière;

frictions; cataplasmes laudanisés sur le ventre; trois quarts de lavements amidonnés et laudanisés. (Le sang coula en nappe; il était noir, visqueux, et comme huileux; il se prit en masse homogène comme un corps gras, par le refroidissement, et conserva long-temps sa couleur noire; très-peu de sérosité s'en est séparée. La saignée amena un soulagement notable; la cyanose diminua, le malade sembla respirer avec moins d'anxiété; mais le mieux ne fut que passager, car les accidents se reproduisirent bientôt avec autant d'intensité. (30 sangsues furent appliquées à l'épigastre, vers les 10 heures du soir.)

Le 20, moins mal. Le pouls s'est un peu relevé; les extrémités sont tièdes, moins violacées; du reste, même état. Même prescription qu'hier, excepté les sangsues. Le soir, céphalée intense, bourdonnements, peau plus chaude, pouls moins faible qu'hier; vomissements diminués de fréquence; vive douleur à l'épigastre et dans le trajet du colon; selles aqueuses extrêmement fréquentes; crampes continuelles; absence d'urine; cyanose presque dissipée. On prescrit trois quarts de lavements amidonnés et laudanisés.

Le 21, dévoiement presque calmé; réaction établie; vomissements peu abondants et verdâtres; ventre ballonné, douloureux; pouls fréquent, développé; peau chaude, langue sèche, soif vive; congestion vers la face; absence d'urine; crampes calmées. (25 sangsues à l'anus; reste *ut suprà*, excepté les lavements laudanisés.)

Le 22, rien de nouveau; *ut suprà*.

Le 23, les vomissements ont cessé; un hoquet pénible et fréquent le remplace; selles peu abondantes, verdâtres, porracées; phénomènes adynamiques; congestion vers la face; stupeur; léger coma; peau chaude, sèche; urines nulles; voix

cassée, etc., etc. (15 sangsues à l'anus; reste *ut suprà.*) Le 24, le dévoiement revient avec abondance; en outre apparaît du délire et de l'agitation; la face s'altère de plus en plus, et se congestionne. (30 sangsues à l'ombilic, cataplasme émollient, lavement idem, deux vésicatoires aux cuisses. Reste *ut suprà.*) Le délire persiste; l'agitation augmente; la face devient rouge, turgescente; le coma s'accroît, le pouls faiblit, les extrémités se refroidissent, et le malade succombe à quatre heures du soir.

Nécropsie. — *Appareil extérieur.* — Rien de remarquable.

Tube digestif. — *Estomac :* membrane muqueuse marbrée de points et de plaques rouges, mais non ramollie.

Duodénum et jéjunum. — Mêmes lésions que chez Vilain; mêmes granulations miliaires; même rougeur de la membrane muqueuse. *Iléon :* granulations confluentes, rouges, injectées, solides, grosses comme un grain de chènevis; glandes de Peyer injectées, à peine saillantes. Dans les *gros intestins* nous avons rencontré beaucoup de granulations lenticulaires, avec une rougeur intense de la membrane muqueuse. Les *matières* contenues dans le tube digestif étaient verdâtres, visqueuses, et ne nous ont offert aucune trace de flocons blancs. *Ganglions mésentériques* non tuméfiés. *Vésicule biliaire* dans l'état que nous avons indiqué chez Lucan. (Obs. 17e.)

La vessie était encore rétractée : elle contenait peu d'urine; mais ce liquide n'était point purulent, comme on l'observe toutes les fois que la mort survient pendant la période algide. *Rate, poumons, cœur, gros vaisseaux*, rien de particulier. *Appareil nerveux :* mêmes lésions que dans les observations 17e et 18e.

OBSERVATION 20e. — Alfont, Sylvain, âgé de 21 ans, maçon, doué d'une constitution assez bonne, entra à l'hôpital le 2 juillet. Il n'avait ressenti aucune influence de l'épidémie, lorsque le 29 juin il fut pris de diarrhée, sans coliques, sans réaction fébrile. Il continua de vaquer à ses occupations. Le 30, vers le soir, la diarrhée devient plus intense, les vomissements apparaissent, ainsi que les crampes. Le 1er juillet, à ces phénomènes s'ajoute une douleur excessive dans la région abdominale. (20 sangsues ont été appliquées au-dessous de l'ombilic; eau de riz gommée, lavements amidonnés et laudanisés.)

Le 2 juillet, aucun soulagement. Nous le vîmes dans l'état suivant :

La face était abattue, non violacée; l'œil enfoncé dans l'orbite; la langue humide, pointillée de rouge; la soif ardente; vomissements de matières verdâtres, amères et abondantes; selles blanchâtres, floconneuses; ventre déprimé, douloureux avec et sans la pression; chaleur âcre à l'intérieur; absence d'urine; respiration anxieuse (36); expansion pulmonaire s'entend bien; les battements du cœur sont perceptibles à la main et à l'oreille; le pouls est fréquent (115), petit, dépressible; les extrémités sont tièdes; absence de cyanose; agitation presque continuelle; le malade ne peut garder aucune position, tant ses souffrances sont intenses; il est en proie à des crampes très-vives. Aucun trouble de l'intelligence et de la sensibilité générale et spéciale. (30 sangsues au-dessous de l'ombilic, limonade citrique glacée 3, potion gommée, potion anti-émétique de Rivière, eau de Seltz, deux quarts de lavements amidonnés et laudanisés, cataplasmes sur le ventre.)

Le 3, la douleur abdominale est tellement vive que la moindre pression ne peut être supportée par le malade. (Une péritonite, ou un empoisonnement par les corrosifs, ne causent pas une plus grande douleur.) Du reste, mêmes phénomènes. (20 sangsues à l'épigastre, et même prescription qu'hier.)

Le 4, vomissements opiniâtres de matières vertes, amères; diarrhée moins abondante; selles jaunâtres et fétides; persistance de la douleur abdominale; face profondément abattue, comme on l'observe au dernier degré des maladies typhoïdes; les yeux sont enfoncés, ternes et presque éteints; le pouls est d'une fréquence extrême, à peine sensible. Les angoisses du malade conservent la même intensité; il change de position presque à chaque minute; sa respiration est très-anxieuse. (Deux vésicatoires aux mollets; le reste *ut suprà.*)

Le 5, face cadavérique; sueur froide et visqueuse qui couvre la périphérie cutanée; le pouls est misérable; les yeux sont ternes et prêts à s'éteindre. L'agonie s'est prolongée jusqu'à une heure du matin.

NÉCROPSIE. — *Appareil extérieur.* — Rien de particulier.

Tube digestif. — *Estomac :* la membrane muqueuse est rouge, injectée, épaissie, et notablement ramollie. *Duodénum:* quelques glandes de Brunner sont saillantes, quelques points rouges sont disséminés çà et là. *Jéjunum :* granulations miliaires, rougeur plus intense, sugillations sanguines dans plusieurs endroits de la membrane muqueuse.

Iléon. — Les granulations sont tellement rapprochées qu'elles se touchent; leur volume égale celui d'un grain de chènevis ou d'un pois à cautère; quelques-unes commencent à s'ulcérer

à leur sommet, et sont couvertes d'une couche jaunâtre et pseudo-membraneuse; elles sont d'un rouge-brun, aucune n'est vésiculeuse, toutes sont à l'état solide ou papuleux. Dans quelques endroits, la rougeur est si foncée que la membrane muqueuse semble menacée de gangrène. Les glandes de Peyer sont également très-injectées et d'un rouge foncé; mais, comme nous l'avons vu dans l'observation 18[e], elles sont déprimées au-dessous des parties ambiantes, et se distinguent très-facilement du reste de la membrane muqueuse. Elles ne participent point à la turgescence des granulations. La membrane muqueuse est épaissie et ramollie. (Pl. II, fig. 7.)

Gros intestins. — Plaques rouges et brunâtres, au niveau desquelles la membrane muqueuse est ramollie, ulcérée et gangrénée même dans quelques parties. Les *matières* contenues dans le tube digestif sont jaunâtres au commencement, et vers la fin elles sont rougeâtres, sanguinolentes, et adhèrent à la membrane muqueuse. *Ganglions mésentériques* rouges, gros comme une amande, non ramollis. *Reins, rate, foie, cœur, poumons, système nerveux,* comme dans les trois précédentes observations (17[e], 18[e] et 19[e]).

Réflexions. — Dans cette observation, comme dans les trois dernières (17[e], 18[e] et 19[e]), nous voyons un exemple remarquable de psorentérie combinée avec l'inflammation de la membrane muqueuse gastro-intestinale. Les symptômes observés pendant la vie et les lésions constatées après la mort ne sauraient laisser le moindre doute à cet égard.

Nous avons cru devoir rapprocher ces diverses observations, afin d'en mieux faire ressortir les points de contact. En les méditant avec soin, on acquerra la conviction intime que la tuméfaction de la membrane muqueuse, que sa rougeur,

n'ont pas constitué la maladie principale, mais qu'elles sont un effet de l'éruption granuleuse; lésion primitive et principale, lésion sans laquelle il n'y aurait point de choléra asiatique. De même que, sans éruption pustuleuse, la variole cesserait d'exister; car c'est en vain que la peau devient rouge, qu'elle se tuméfie, cette rougeur, cette tuméfaction ne sauraient constituer la variole. C'est ainsi que nous considérons l'éruption granuleuse par rapport au choléra asiatique.

D'après ce que nous venons de dire, le traitement anti-phlogistique était indiqué; nous avions à combattre non-seulement l'éruption granuleuse, mais encore l'une de ses complications, savoir, la phlogose intestinale.

On a pu voir que les moyens anti-phlogistiques n'ont point été épargnés, et, bien que ce mode de traitement n'ait point été couronné de succès, nous pensons que c'est encore à lui qu'on devrait recourir dans les mêmes circonstances.

Observation 21ᵉ. — Louis, Jean-Pierre, âgé de 30 ans, journalier, doué d'une bonne constitution, entra à l'hôpital le 9 juillet. Il habite Paris depuis une quinzaine de jours, supporte de grandes fatigues et se nourrit mal. Ces circonstances ont pu jouer un certain rôle dans la production des accidents que nous allons décrire; elles ont pu en être les causes occasionnelles. L'invasion s'est annoncée par une lassitude générale, par de la diarrhée, sans coliques, sans réaction fébrile. Louis a continué de vaquer à ses travaux le premier et le second jour; mais le troisième, les accidents s'étant

aggravés, il fut obligé de s'aliter; il n'avait subi aucun traitement.

Le quatrième jour, face congestionnée, abattue; empreinte d'une stupeur profonde; œil enfoncé dans l'orbite, conjonctives injectées, pupilles resserrées; langue rouge, sèche; soif inextinguible; ventre chaud, tendu, douloureux avec et sans la pression; vomissements; selles liquides, analogues à de l'eau de savon; respiration pénible, étouffements, besoin d'air; l'expansion pulmonaire s'entend partout; le diaphragme ne s'abaisse point; pouls fréquent (110), petit, dépressible; peau chaude, sèche, non violacée : elle conserve son élasticité; la voix est cassée; les crampes sont faibles et reviennent à des intervalles éloignés; intelligence intacte. (20 sangsues au-dessous de l'ombilic, limonade citrique glacée, lavements amidonnés, cataplasmes émollients, potion gommée.) Les sangsues n'ont donné que fort peu de sang; elles ont amené un soulagement fugace; les accidents avaient paru s'amender; la physionomie était moins altérée; vers le soir, la diarrhée était moins abondante, la respiration moins anxieuse; mais ce mieux n'a pas eu une longue durée, car le lendemain, cinquième jour, nous trouvâmes le malade dans un état plus fâcheux que la veille : la face était profondément altérée, les yeux presque éteints, la langue rouge et sèche, le ventre douloureux à la moindre pression; le pouls était fréquent, misérable; la chaleur se maintenait à la peau. (Vésicatoires aux cuisses, reste *ut suprà.*)

De plus en plus mal : le pouls faiblit, la respiration s'embarrasse, et la mort survient à 8 heures du soir.

Nécropsie. — Nous avons trouvé la membrane muqueuse de *l'estomac* fortement injectée, épaissie et ramollie; elle nous

offritbeaucoup de granulations rosées, près des orifices pylorique et cardiaque; les matières contenues dans l'estomac sont blanchâtres, mêlées de quelques flocons.

Le *duodénum* et le *jéjunum* ne nous ont présenté qu'une injection de la membrane muqueuse et quelques granulations miliaires. Les plaques de Peyer étaient légèrement tuméfiées et d'un rouge foncé.

Dans l'*iléon*, granulations nombreuses, confluentes, grosses comme un grain de chènevis, et même quelques-unes égalent le volume d'un petit pois; elles sont blanchâtres, mais leur base est entourée d'une auréole rouge. Ces granulations sont presque toutes solides, papuleuses; à peine si nous trouvons, dans quelques-unes, des traces de fluide séreux ou laiteux. Les vaisseaux sous-muqueux sont fortement injectés; les plaques de Peyer dépassent le niveau de la membrane muqueuse d'environ une ligne: elles sont rouges.

Dans les *gros intestins*, granulations en grand nombre: elles sont lenticulaires, déprimées à leur centre; la muqueuse est rouge brunâtre. Les *matières* renfermées dans les intestins sont blanchâtres, crémeuses, au commencement; elles sont rouges, sanguines vers la fin. *Ganglions mésentériques* gros comme une amande, ou comme une noisette : ils sont rougeâtres. *Rate* peu gorgée de sang, ramollie. *Foie*, *reins*, *vessie*, rien de particulier. Les *poumons* étaient engoués en arrière, crépitants en avant; les bronches contenaient un peu de mucosités visqueuses et quelques granulations éparses. Le *cœur* était gorgé de sang épais, noir, et analogue à de la gelée de groseilles trop cuite.

Appareil nerveux. — Les vaisseaux sous-arachnoïdiens étaient injectés; la substance du cerveau sablée de points

rouges, imprégnée de sérosité. Les *ventricules* contenaient environ deux cuillerées de sérosité limpide.

OBSERVATION 22e. — Spuch, Ferdinand, tourneur, âgé de 22 ans, d'une forte constitution, d'un tempérament sanguin-lymphatique, entra à l'hôpital le 20 juin. Parlant très-mal le français, il ne put nous donner que des renseignements vagues. Les personnes qui l'accompagnaient nous ont dit que depuis trois jours Spuch était en proie à une dyspnée excessive; qu'il avait rendu par les selles des matières blanches et mêlées de flocons, mais en petite quantité; qu'il avait eu des nausées, mais point de vomissements, et qu'aucun traitement n'avait encore été mis en usage. Voici l'état dans lequel nous l'avons trouvé:

Face abattue, plombée, mais non amaigrie; œil non enfoncé dans l'orbite, en un mot, rien du facies cholérique; céphalée, conjonctives injectées; langue couverte d'un enduit jaunâtre; soif vive; épigastre douloureux à la pression; ventre déprimé, indolent; vomissements et diarrhée peu abondants; déjections liquides, mêlées de quelques flocons blancs; voix cassée; respiration pénible, haute, costale; expansion pulmonaire presque nulle; battements du cœur sensibles à l'oreille et à la main; le pouls (95) assez développé, mais fortement dépressible; absence d'urine et de crampes; les extrémités sont tièdes; la teinte générale de la peau est plombée et menace de se cyanoser. (Limonade citrique, 3 pots; ipécacuanha, 25 grains en 3 doses; potion gommée, demi-lavement lin, cataplasme ombilic, frictions alcoolisées, saignée d'une pa-

lette et demie, quatre ventouses scarifiées sur la poitrine.) Le sang coula d'abord par jet, puis en nappe; il était d'un rouge brun, visqueux, et s'est pris en masse. Il n'est devenu rouge, vermeil, qu'au bout d'une demi-heure. Le soulagement produit par la saignée a été des plus prononcés; la teinte plombée de la peau a disparu et a été remplacée par une coloration rouge pourpre.

L'ipécacuanha a excité des vomissements aqueux et quelques selles blanchâtres.

Dès le soir, la réaction était arrivée, mais accompagnée d'un coma profond et d'une congestion vers la face; la langue était rouge, sèche; la soif vive; vomissements bilieux; diarrhée presque nulle, blanchâtre; ventre douloureux, tendu, ballonné; respiration sifflante, menace de suffocation. Cependant l'expansion pulmonaire s'entendait, mais elle était puérile; le pouls fréquent, redoublé; la peau chaude, sèche; absence d'urine. (20 sangsues à l'ombilic, cataplasmes, lavements lin et boissons gommées.)

C'est en vain que nous eûmes recours aux émissions sanguines, c'est en vain qu'une saignée de deux palettes fut pratiquée, c'est en vain que 20 sangsues furent appliquées derrière les oreilles, le coma et tous les phénomènes décrits plus haut se sont aggravés de plus en plus. Les vomissements et la diarrhée se sont calmés, tandis que la congestion vers le cerveau, tandis que la difficulté de la respiration se sont continuellement accrues.

Le 23, un râle abondant et à grosses bulles se fait entendre du côté de la trachée-artère; la suffocation nous paraissait imminente; la teinte violacée de la peau s'était reproduite. Le

lendemain, Spuch est mort après une agonie de plusieurs heures.

Nécropsie. — Cadavre roide et ayant conservé son embonpoint; taches livides vers les parties déclives; globe de l'œil intact; sac lacrymal rempli d'un liquide visqueux, mais transparent.

Tête. — Injection arborisée des vaisseaux qui rampent à la surface du cerveau; substance cérébrale sablée de points rouges, d'une consistance un peu molle. Ventricules contenant environ quatre cuillerées de sérosité limpide. Rien du côté de la moelle épinière.

L'œsophage et le *pharynx* nous présentent quelques fausses membranes et une hypertrophie remarquable des follicules.

Estomac. — Granulations nombreuses vers les orifices cardiaque et pylorique : quelques-unes commencent à s'éroder; en outre, la membrane muqueuse est pointillée de rouge dans le grand cul-de-sac; elle est légèrement ramollie. Dans le reste du tube digestif, granulations peu nombreuses. Les vaisseaux sous-muqueux étaient injectés et décrivaient des arborisations. Plaques de Peyer saines. Un mucus épais et visqueux adhérait à la surface interne de la membrane muqueuse; le gros intestin seul contenait des matières fécales sans mucosités blanchâtres, résidu de la sécrétion cholérique. *Ganglions mésentériques*, *foie*, *rate*, *reins*, *vessie*, sains.

Nous dûmes examiner les *bronches* avec un grand soin; voici ce que nous y avons découvert : des mucosités blanchâtres, visqueuses, striées et floconneuses, adhéraient à la membrane muqueuse et bouchaient les petites bronches. Au-dessous

de ces mucosités, nous vîmes la surface des bronches couverte de granulations rougeâtres, depuis la partie inférieure du larynx jusqu'à la deuxième bifurcation des bronches. Ces granulations avaient le volume d'un grain de millet. Les poumons étaient engoués; çà et là, il y avait de véritables ecchymoses dans le parenchyme pulmonaire.

Le *cœur* était volumineux, ferme, et rempli de sang coagulé et d'un brun foncé.

Réflexions. — Si nous n'avions tenu compte que des phénomènes généraux, nous nous serions fait une idée bien fausse de la maladie. Car lorsque nous avons observé Spuch, sa maladie datait de trois jours, et, comme on se le rappelle, la circulation était à peine dérangée; la chaleur existait encore aux extrémités; la face n'était point amaigrie, et n'offrait qu'une teinte légèrement plombée. Les yeux n'étaient point excavés; les vomissements et la diarrhée étaient très-modérés (blanchâtres et floconneux). Les crampes n'avaient point encore paru. Ces symptômes annonçaient une maladie peu intense. Cependant l'examen de la poitrine nous inspira des craintes sérieuses touchant l'issue de cette affection : la gêne de la respiration n'étant point en rapport avec les accidents gastro-intestinaux, ni avec le trouble de la circulation, nous pensâmes que les bronches étaient elles-mêmes envahies par l'éruption granuleuse. Cette circonstance nous sembla très-grave. Aussi nous avons dirigé tous nos moyens thérapeutiques contre l'éruption bronchique.

De là le motif pour lequel nous avons fait appliquer des ventouses scarifiées sur les parois thoraciques, après l'emploi d'une saignée générale. De là le motif pour lequel nous avons

fait usage de l'ipécacuanha. Nous avions l'espoir de diminuer la congestion bronchique et de faciliter l'expulsion des matières qui alors obstruent les tuyaux bronchiques, et s'opposent à l'acte de la respiration. Ces moyens ont été suivis d'un soulagement notable; la respiration est devenue moins pénible, mais les granulations bronchiques se sont enflammées, ainsi que l'estomac. Malgré l'emploi des émissions sanguines, nous n'avons pu modérer l'inflammation des granulations bronchiques; nous n'avons pu diminuer la congestion cérébrale qui se manifesta immédiatement après la réaction, et qui nous a paru dépendre de l'altération des bronches et de l'estomac.

Suivant nous, ce malade a réellement succombé à l'affection granuleuse des bronches, de la même manière que nous voyons dans le *croup* les fausses membranes amener l'asphyxie et la mort.

CINQUIÈME SÉRIE DE FAITS.

Mort survenue après la cessation des accidents cholériques.

Observation 23e.

Blaise, François, âgé de 22 ans, menuisier, détenu à Sainte-Pélagie, entra à l'hôpital le 7 juillet. Malade depuis douze

heures, Blaise nous présenta les symptômes suivants : la face était abattue, violacée; les yeux enfoncés dans l'orbite; la langue pointillée de rouge au sommet, blanche au milieu; la soif ardente; les vomissements peu abondants, malgré les spasmes réitérés des muscles abdominaux et du diaphragme. Ces spasmes causaient au malade une grande fatigue; la base du thorax était le siége d'une barre qui gênait les mouvements respiratoires; le ventre était indolent, excepté l'épigastre, qui ne pouvait supporter la moindre pression. Les déjections alvines étaient fréquentes, liquides, blanchâtres, floconneuses, et semblables à une forte décoction de riz. Absence d'urine; respiration (40) costale, anxieuse, haletante, menace de suffocation; l'expansion pulmonaire est plus faible que dans l'état normal; battements du cœur sensibles à la main et à l'oreille; le pouls (108) petit, dépressible; extrémités tièdes; cyanose commençante; crampes d'une très-grande intensité : elles arrachent des cris au malade; voix cassée. Intelligence, sensibilité générale et spéciale conservées. (Ipécacuanha g^s 24, en deux doses; 20 sangsues à l'épigastre, immédiatement après l'emploi de l'ipécacuanha; limonade citrique glacée; potion gommée; eau de Seltz; frictions sur les membres; trois quarts lavements amidonnés et laudanisés; cataplasmes sur le ventre.) L'ipécacuanha produisit l'effet que nous en attendions; le malade vomit beaucoup de matières blanchâtres et un peu amères; presque aussitôt il ressentit un soulagement notable; sa respiration devint moins anxieuse; l'expansion pulmonaire s'entendit mieux, et la douleur épigastrique diminua.

Le 8, la réaction s'était établie; la face était rouge, animée;

les yeux brillants, injectés; le ventre douloureux à l'épigastre; nausées, hoquet; diarrhée moins abondante; trois selles liquides, floconneuses, blanches. La respiration facile; le pouls fréquent, développé; la voix moins altérée. (Limonade citrique et gommée, cataplasme émollient sur le ventre; lavements adoucissants.)

Le 9, moins bien : la face est congestionnée davantage; l'œil hagard; les pupilles resserrées; assoupissement presque continuel; réponses lentes, mais justes; langue sèche; vomissements verdâtres, bilieux; hoquet; diarrhée presque nulle, jaunâtre. Du reste, mêmes symptômes qu'hier. (Saignée de deux palettes; reste *ut suprà.*) Le sang était plastique, riche en fibrine et en matière colorante; il a subi promptement l'influence de l'air, et il a pris une couleur vermeille des plus foncées. Le soir, même état. (10 sangsues derrière chaque oreille.)

Le 10, agitation, délire pendant la nuit; aujourd'hui mâchoires serrées l'une contre l'autre; respiration pénible, sifflante; narines resserrées; coma presque continuel; réponses vagues, confuses. Quand on fait sortir le malade de cet état de torpeur, il entr'ouvre les paupières et ressemble à un individu qui vient d'avoir une violente attaque d'épilepsie; mais bientôt après, il retombe dans le coma. Le pouls est très-fréquent, développé; la peau chaude, âcre; le ventre n'est point ballonné, ni tendu, ni douloureux; le hoquet persiste. (30 sangsues autour de l'ombilic; même prescription.)

Le 11 juillet, 20 sangsues derrière les oreilles. Le *soir,* une saignée de *deux palettes.* Malgré ces émissions sanguines,

les phénomènes morbides se sont aggravés de plus en plus; le soulagement ne fut jamais que momentané. Le coma, l'anxiété de la respiration, la fréquence du pouls, le hoquet, l'absence d'urine, se sont montrés opiniâtres. Enfin, le 12 juillet, Blaise mourut à 6 heures du matin.

Nécropsie. — Rien de remarquable à l'extérieur.

Tube digestif. — *Estomac :* membrane muqueuse plissée, épaissie et parsemée de points et de plaques rouges : elle n'est point ramollie. *Duodénum :* membrane interne d'une teinte rosée, mais exempte de granulations. *Jéjunum :* granulations en petit nombre, éparses; injection de la membrane muqueuse. Plaques de Peyer non tuméfiées. *Iléon :* granulations nombreuses, du volume d'un grain de millet; sans dépression centrale, à l'état solide, papuleux. Autour des granulations, la tunique interne est d'une teinte rosée; elle n'est point épaissie, ni ramollie. Glandes de Peyer saines. *Gros intestins :* la membrane muqueuse est généralement pâle, d'une consistance normale. Absence de granulations. Les matières que renferme le tube digestif sont liquides et jaunâtres.

Ganglions mésentériques, foie, rate, reins, vessie; appareil circulatoire : rien de particulier.

Appareil respiratoire. — Les poumons sont gorgés de sang en arrière, sans être hépatisés; les bronches sont d'un rouge brun, mais exemptes de granulations et de ces mucosités visqueuses que nous avons signalées précédemment.

Appareil nerveux. — Sérosité limpide dans le canal céphalo-rachidien; vaisseaux sous-arachnoïdiens sont injectés et

décrivent de belles arborisations. La substance du cerveau est sablée de points rouges et imprégnée de sérosité. Les ventricules du cerveau contiennent environ quatre cuillerées à bouche de sérosité parfaitement transparente.

Réflexions. — Jusqu'à présent, nous avons vu l'éruption granuleuse dans son état naissant ou rudimentaire, ou dans son développement le plus parfait. Mais nous n'avons point encore montré comment elle diminue progressivement, disparaît, et ne laisse plus aucune trace de son existence.

L'observation que nous venons de rapporter va nous conduire à étudier les diverses phases que l'éruption traverse avant de s'effacer. En effet, les granulations n'existaient plus que dans l'iléon ; le jéjunum, le duodénum et les gros intestins n'en contenaient que des traces à peine sensibles. Celles de l'iléon étaient si petites, que, sans aucun doute, elles eussent bientôt entièrement disparu ; du moins nous sommes autorisés à le penser, en comparant ces granulations avec celles que nous avons signalées dans les observations précédentes.

Mais pour ne point devancer les faits, nous nous contenterons de remarquer que l'éruption granuleuse, circonscrite dans l'iléon, était presque réduite à son état rudimentaire. Nous allons citer des observations où il ne sera plus permis de constater l'éruption ; ses moindres traces seront effacées. Voilà comment nous avons pu étudier toutes les nuances de l'éruption; voilà comment nous avons pu en tracer l'histoire, aussi bien que nous décrivons les éruptions cutanées.

Si, comme l'autopsie cadavérique est venue nous le démontrer, l'éruption granulée était près de s'éteindre, quelle

cause a fait naître les accidents consécutifs? quelle cause a développé ces phénomènes typhoïdes, comateux, et enfin la mort? Nous pensons, et cela résulte des lésions anatomiques et des phénomènes morbides, que l'inflammation de l'estomac a joué un grand rôle dans la production de ces phénomènes; nous pensons que les symptômes cérébraux, d'abord sympathiques, sont devenus ensuite idiopathiques, et que c'est à ces lésions que la mort doit être attribuée.

Nous dirons quelques mots du traitement, et d'abord on pourra nous demander dans quel but nous avons employé l'ipécacuanha. Déja beaucoup d'auteurs avaient préconisé ce médicament contre le choléra; mais nous avions déja vu tant de méthodes vantées et abandonnées, que ce n'est qu'avec une certaine défiance que nous nous hasardions à user de ces diverses méthodes. Ayant découvert dans les bronches une éruption granuleuse et une sécrétion particulière qui obstruait ces tuyaux et devait concourir à rendre la respiration difficile, et, par conséquent, à hâter le terme fatal, nous songeâmes aux moyens de prévenir cette éruption. Celui qui nous parut devoir le mieux réussir, fut l'ipécacuanha. En conséquence, nous cherchâmes à saisir les symptômes qui annoncent que l'éruption menace d'envahir les bronches; et autant que possible nous donnâmes l'ipécacuanha au début de l'éruption.

Nous ne nous sommes pas dissimulé les inconvénients de l'ipécacuanha; nous savions que cette substance pourrait enflammer l'estomac et faire naître une maladie qui, dans quelques cas, serait aussi grave que la maladie première.

Aussi nous avons toujours employé ce moyen avec une

grande circonspection. Jamais nous n'y avons eu recours que dans le cas où le danger nous semblait imminent, et où les autres méthodes ne nous avaient point réussi. C'est là ce qui nous a engagés à prescrire l'ipécacuanha chez le malade dont l'observation précède. On se rappelle que ses effets immédiats ont été très-avantageux; on se rappelle que le malade en a ressenti un soulagement presque instantané; on se rappelle que la respiration est devenue moins pénible, moins anxieuse; mais ces effets ne se sont point soutenus; le malade, échappé aux accidents primitifs, succomba à des lésions étrangères à la psorentérie, malgré le traitement énergique que nous avons mis en usage.

Cependant, qu'on n'aille point conclure que l'ipécacuanha a développé ces phénomènes consécutifs; car nous avons vu les mêmes accidents se produire chez des malades auxquels nous n'avions point administré l'ipécacuanha, et qui avaient été soumis à la méthode antiphlogistique.

Observation 24e. — Cunier, Joséphine, âgée de 32 ans, journalière, douée d'une assez bonne constitution, entra à l'hôpital le 4 avril. Elle arrivait de Saint-Omer, et n'était à Paris que depuis deux jours. Hier soir, sans cause connue, elle fut prise de diarrhée, bientôt suivie de vomissements et de crampes. Ces phénomènes ont continué de s'aggraver. Quand nous vîmes la malade, elle nous offrit tous les symptômes de la psorentérie qui a déja atteint sa deuxième pé-

riode. La face était abattue; les yeux enfoncés dans l'orbite; vomissements et diarrhée (cholériques); l'épigastre douloureux; le ventre déprimé, mat; borborygmes; la respiration anxieuse; le pouls fréquent, presque insensible; les extrémités froides, cyanosées; la peau sans élasticité; les crampes très-violentes. (20 sangsues à l'épigastre, cataplasmes émollients et laudanisés, deux quarts de lavements amidonnés et laudanisés.) Le soir, les symptômes décrits plus haut marchent croissants; la face est presque cadavérisée; la respiration extrêmement difficile; le pouls, misérable, échappe au doigt qui le presse; la cyanose est générale. (Infusion théiforme et chaude; potion stimulante, composée de tilleul ℥jj, eau de menthe ℥, alcool ʒjj, sucre ʒjjj, eau de fleurs d'oranger ℥ß : une cuillerée à bouche toutes les heures. Frictions ammoniacales.) On fut obligé de suspendre la potion stimulante : chaque cuillerée excitait des vomissements; on continua le thé.

Le 5, amélioration notable. La réaction est arrivée; le pouls s'est relevé; la chaleur est revenue aux extrémités; la cyanose, la diarrhée sont presque entièrement dissipées. (Infusion théiforme, potion anti-spasmodique avec eau distillée de valériane ℥j, de menthe ℥ß, de tilleul ℥jjj; sirop d'éther ʒjj, sirop de sucre ℥j, par cuillerée toutes les demi-heures.)

Le 6, la réaction des organismes continue; le dévoiement est presque nul; les selles ont changé de nature : elles sont devenues jaunâtres. Vomissements de matières verdâtres et visqueuses; la malade ne peut rien prendre sans le vomir immédiatement; la langue est humide et couverte d'un enduit épais et jaune-verdâtre; le pouls est toujours fréquent,

petit, faible. (Morceaux de glace dans la bouche, solution de gomme aromatisée, potion gommée, catapl. laud. sur le ventre. Jusqu'au 8, même état, même prescription.)

Le 9, moins bien; anéantissement presque complet des forces; stupeur profonde; langue sèche; œil enfoncé, presque éteint; hoquet très-pénible et fréquent; constipation; ventre souple, indolent; l'épigastre seul est douloureux; la respiration est anxieuse; le pouls (90) dépressible; la peau froide; les extrémités bleuâtres. (Stase du sang veineux). C'est en vain qu'on eut recours aux vésicatoires, aux sinapismes : rien ne put faire sortir Cunier de cet état de prostration et de coma; rien ne put ranimer ses forces, rien ne put vaincre le hoquet. Cependant Cunier conserva son intelligence jusqu'au dernier moment; elle n'eut point de délire, point de spasmes, point de soubresauts de tendons; enfin, le 13, après avoir végété dans cet état d'agonie, elle mourut à trois heures du soir.

Nécropsie. — *Tube digestif.* — La membrane muqueuse de l'estomac est d'un rouge brunâtre; elle est mamelonnée, épaissie, ramollie, se déchire à la moindre tension. (Un violent corrosif n'eût pas produit de plus grands désordres.) Des matières verdâtres remplissaient la cavité de l'estomac.

Intestins grêles. — Dans les trois quarts supérieurs, la membrane muqueuse est lisse, polie, et dépouillée de son velouté ordinaire; elle est amincie, ramollie, mais fort peu injectée; les plaques de Peyer sont effacées. Dans le quart inférieur nous rencontrâmes quelques rudiments de granulations, et une rougeur plus prononcée de la membrane muqueuse. Les plaques de Peyer dans l'état normal.

Gros intestins. — Deux traces d'anciennes cicatrices; du reste, la membrane muqueuse est d'une teinte grisâtre.

Ganglions mésentériques d'un petit volume, non ramollis; en un mot dans l'état sain. *Foie* gorgé de sang. *Vésicule biliaire* remplie d'un fluide aqueux, transparent, et comme albumineux; tunique interne de la vésicule est rouge, injectée, ramollie et dépouillée de son velouté. Les conduits hépatique et cholédoque sont remplis d'un liquide jaunâtre. *Rate*, *reins*, sains. *Vessie* distendue par l'urine.

Appareil nerveux. — Sérosité limpide dans le canal céphalo-rachidien; substance du cerveau sablée de points rouges. La moelle épinière ne nous offrit rien d'intéressant.

Réflexions. — Voici un exemple remarquable de psorentérie qui, après avoir parcouru ses diverses phases, s'est transformée en une véritable gastro-entérite; mais principalement en gastrite : car les phénomènes observés pendant la vie et les altérations anatomiques nous montrent que l'estomac a joué le plus grand rôle dans la production des accidents qui ont suivi les symptômes de la psorentérie.

On pourra nous dire que les stimulants ont contribué à faire naître la gastrite; nous le pensons aussi : mais quand nous avons employé cette méthode, la malade se trouvait menacée d'une mort prochaine; ses organismes menaçaient ruine de toutes parts. Qu'on se rappelle les phénomènes que nous avons décrits, et l'on ne manquera pas de se convaincre aussi bien que nous, de la nécessité absolue de ranimer les forces abattues et prêtes à s'éteindre. Devions-nous rester simples spectateurs de la marche foudroyante des symptômes? devions-nous couvrir la malade de révulsifs puissants? devions-nous désemplir le système vasculaire? Mais la maladie,

abandonnée à elle-même, allait bientôt se terminer par la mort; mais la peau n'offrait plus assez de vitalité; des révulsifs n'auraient point agi avec assez de promptitude; mais déja des sangsues avaient été appliquées au-dessus de l'ombilic, et cependant les symptômes n'en avaient pas fait moins de progrès vers une terminaison fâcheuse!

Les stimulants donnés à l'intérieur pouvaient encore ranimer l'organisme, et, au risque de développer une gastro-entérite, nous avons pris la résolution d'employer une médication stimulante. Dès le lendemain, l'organisme avait réagi; dès le lendemain, la maladie nous offrait des chances de guérison. Si, quelques jours plus tard, l'amélioration que nous avons obtenue ne s'est pas consolidée, si la malade a succombé avec des phénomènes qui simulaient le typhus, devons-nous en accuser les stimulants? n'est-il pas manifeste, au contraire, que, sans leur emploi, la malade eût succombé beaucoup plus promptement? n'est-il pas probable que si la malade n'avait point été épuisée par les accidents primitifs, nous aurions pu vaincre la gastro-entérite consécutive? D'ailleurs, nous verrons plus loin des observations où nos espérances se sont trouvées réalisées.

De là il résulte que la psorentérie proprement dite exige un traitement stimulant, et que la méthode antiphlogistique ne doit être mise en usage que dans les cas où la psorentérie est accompagnée ou suivie d'une inflammation de la membrane muqueuse, gastro-intestinale, ou de celle d'un autre organe. Ce n'est pas tout: nous avons vu, en parlant des lésions anatomiques, que l'éruption granuleuse avait presque entièrement disparu: il n'en existait plus que des traces fort légères, au-dessus de la valvule iléo-cœcale.

Dira-t-on que l'éruption granuleuse n'a point existé, par cela seul que nous n'en avons retrouvé que les rudiments, que des traces légères? Nous ne pensons pas qu'on vienne mettre en doute l'éruption granuleuse chez une malade qui a survécu dix jours à l'invasion des premiers symptômes. Car nous avons constamment rencontré cette éruption, lorsque la mort survenait du premier au cinquième ou sixième jour; mais principalement quand les malades succombaient du premier au troisième jour.

Ainsi, à une certaine période de la maladie, l'éruption se montre constante. Ne sommes-nous pas suffisamment autorisés à conclure que l'éruption a disparu, s'est effacée, lorsque l'époque de l'éruption étant écoulée, nous n'en trouvons plus que des traces légères? C'est ainsi que se comporte une éruption cutanée : il arrive une époque où l'éruption disparaît et s'efface entièrement.

Supposez que vous observiez la maladie à cette même période : vous chercheriez en vain les traces de l'éruption; elles n'existent plus. Irez-vous en conclure que l'éruption n'a point eu lieu? non, assurément. Eh bien! il en est de la psorentérie comme d'une éruption cutanée : elle a ses diverses périodes, ses diverses phases. Rudimentaire, imperceptible, dans les premières heures qui suivent l'invasion de la maladie, elle ne tarde pas à se développer et à acquérir son plus haut degré. A ce degré, les granulations sont faciles à saisir; mais bientôt après, les mêmes granulations diminuent de volume et ne tardent point à s'effacer.

Voilà ce que nous avons pu constater, en examinant les altérations anatomiques aux diverses époques de la maladie; voilà ce qui résulte des observations que nous avons déja relatées et ce que vont confirmer celles qui suivent.

Observation 26[e]. — Valotte, Jean-Jacques, âgé de 60 ans, fondeur en caractères d'imprimerie, doué d'une forte constitution, sujet à la colique saturnine, mais d'ailleurs jouissant d'une bonne santé, entra à l'hôpital le 10 mai. Il avait été pris, la veille, d'une diarrhée abondante, sans réaction fébrile, sans douleur abdominale. Les vomissements et les crampes n'ont apparu que le lendemain. Soumis à notre examen, nous le trouvâmes dans l'état suivant : la face était froide, violacée, ainsi que les extrémités; la peau avait perdu en grande partie son élasticité; des crampes fort intenses agitaient les membres; les yeux étaient enfoncés dans l'orbite; la langue tiède, jaunâtre, humide; le ventre indolent; les vomissements accompagnés et suivis de spasmes très-pénibles. Les matières vomies étaient d'un jaune verdâtre; la diarrhée abondante; selles liquides, blanchâtres et mêlées de flocons; absence d'urine; respiration anxieuse (33); le cœur battait avec assez de force; le pouls (96) dépressible. (Limonade citrique, eau de Seltz, potion gommée, trois quarts de lavements amidonnés et laudanisés, frictions.)

Le 11, le pouls est relevé; la chaleur est presque normale; le ventre tendu, indolent; la langue rouge à la pointe; les déjections moins fréquentes qu'hier, mais elles n'ont point changé de nature. (20 sangsues autour de l'ombilic; cataplasmes et lavements adoucissants; reste *ut suprà*.)

Le 12, vomissements presque nuls; la chaleur se maintient à la peau, mais la face s'altère; le pouls est faible, dépressible; cessation de la diarrhée et des crampes. (Même prescription, excepté les sangsues.) Le 13, congestion sanguine vers la face; assoupissement continuel; langue rouge et sèche; peau chaude, pouls fréquent, faible; respiration plus diffi-

cile. (Sinapismes promenés sur les membres.) Cet état comateux s'est aggravé de plus en plus, et le malade a succombé à 10 heures du soir.

Nécropsie. — *Tube digestif.* — La tunique interne de l'*estomac* est pointillée de rouge dans toute son étendue; elle est épaissie et ramollie; aucune trace d'érosions. Les vaisseaux sous-muqueux sont injectés et arborisés. Les matières contenues sont épaisses, semi liquides et verdâtres. *Intestins grêles : duodénum :* la membrane muqueuse offre çà et là des points rouges, sans traces d'éruption, sans ramollissement. *Jéjunum :* nous trouvâmes la membrane muqueuse du jéjunum parsemée d'érosions légères et superficielles; on eût dit que des vers avaient rongé les villosités intestinales. Au niveau de ces érosions ces villosités étaient complétement détruites. A côté d'elles, la muqueuse nous montrait son velouté normal. Nous vîmes, dans d'autres endroits, des taches jaunâtres, avec dépression de la membrane muqueuse; elles étaient lenticulaires, et paraissaient être un commencement d'érosions. Ces érosions se remarquaient dans toute l'étendue du jéjunum, mais principalement dans l'intervalle des valvules conniventes, c'est-à-dire là où se rencontrent, plus développées, et l'injection vasculaire, et l'éruption granulée. Autour de ces érosions, il y avait une injection des capillaires. Les plaques de Peyer étaient saines.

Dans l'*iléon,* nous trouvâmes un grand nombre de granulations miliaires. Les plaques de Peyer étaient légèrement saillantes. La membrane muqueuse était rouge et un peu ramollie. Dans le *gros intestin,* la membrane muqueuse est injectée et d'une teinte rosée, par points ou par plaques; absence de granulations.

Poumons engoués en arrière. *Bronches* remplies de mucosités spumeuses.

Cerveau congestionné, sablé de points rouges. Trois cuillerées de sérosité dans les ventricules.

Observation 27e. — Faglain, Catherine, âgée de 38 ans, fileuse de coton, douée d'une bonne constitution, entra à l'hôpital le 6 avril. Hier soir, elle fut prise de diarrhée. Ce symptôme marcha croissant et fut bientôt suivi de vomissements et de crampes. Quand nous vîmes la malade, elle nous offrit tous les phénomènes qui caractérisent la psorentérie à son plus haut période : la face était froide, violacée; l'œil enfoncé dans l'orbite, les pupilles resserrées; vomissements aqueux; épigastre douloureux; diarrhée; selles liquides et semblables à de l'eau de savon; respiration pénible, anxieuse; battements du cœur très-faibles; pouls (80) dépressible; crampes vives dans tous les membres. Du reste, mêmes phénomènes que dans les observations précédentes. (25 sangsues à l'épigastre, cataplasmes sur le ventre, limonade citrique, potion gommée, lavements amidonnés et laudanisés, frictions.) A l'aide de ces moyens, la réaction est obtenue : la diarrhée se calme, ainsi que les vomissements; mais la face se congestionne, et revêt une stupeur profonde; l'assoupissement est presque continuel; le pouls fréquent; le ventre ballonné, douloureux autour de l'ombilic; la voix reste cassée; les urines nulles. (30 sangsues au-dessous de l'épigastre; cataplasmes émollients; lavements adoucissants; solution de gomme aromatisée; limonade citrique; potion gommeuse.) Le coma per-

siste, ainsi que la fréquence du pouls, la chaleur âcre de la peau, la sécheresse de la langue, le météorisme du ventre. (Deux vésicatoires aux cuisses.) Enfin, le 16, après avoir offert tous les symptômes du typhus, Faglain succomba à midi.

Nécropsie. — *Tube digestif.* — La membrane muqueuse de l'*estomac* est rouge par points et par plaques ; elle est épaissie, ramollie, et presque pulpeuse. Les vaisseaux sous-muqueux décrivent de nombreuses arborisations.

Intestins grêles. — La membrane interne est rouge, principalement au-dessus des valvules conniventes ; elle est généralement amincie, et presque dépouillée de ses villosités. Les glandes de Peyer sont affaissées. A peine si nous avons retrouvé quelques granulations dans le tiers inférieur de l'*iléon;* elles avaient une teinte grisâtre, et presque toutes présentaient une dépression centrale.

Gros intestins. — La membrane muqueuse est injectée et couverte çà et là d'une pellicule grisâtre et pseudo-membraneuse que l'on détache facilement de la tunique interne. Nous n'avons aperçu aucune trace de granulations. Les *matières* renfermées dans le tube digestif étaient jaunâtres et d'une consistance normale.

Les *ganglions mésentériques*, le *foie*, la *rate*, les *reins*, dans l'état normal. *Vessie* distendue par l'urine.

Appareil nerveux. — Abondante sérosité dans le canal céphalo-rachidien. Substance du cerveau sablée de points rouges, d'une consistance normale. *Moelle épinière,* rien de particulier.

SIXIÈME SÉRIE DE FAITS.

PSORENTÉRIE TERMINÉE PAR LA GUÉRISON.

Observation 28e.

Daulier, Annette, âgée de 15 ans, relieuse, entra à l'hôpital le 29 juin. Cette jeune fille, douée d'une bonne constitution, jouissait d'une excellente santé, et n'avait éprouvé jusqu'ici aucune influence de l'épidémie. Le 27 juin, Daulier, après avoir mangé une grande quantité de cerises, ressentit un embarras dans la région abdominale. Au milieu de la nuit, elle fut prise de dévoiement.

Le 28, elle continua de vaquer à ses occupations; elle déjeuna comme à son ordinaire; vers le soir, la diarrhée augmenta, et survinrent des vomissements et des crampes.

Le 29 juin, la face était abattue, anxieuse; les joues violacées, tièdes; l'œil enfoncé dans l'orbite; les pupilles resserrées, immobiles; la conjonctive injectée, humide; la langue pointillée de rouge au sommet, blanche au milieu; la soif ardente; les vomissements spasmodiques fréquents (les matières vomies sont aqueuses, insipides); les selles abondantes, blanchâtres, analogues à de l'eau de riz; l'épigastre douloureux; le reste du ventre légèrement endolori; sentiment d'une chaleur brûlante dans le ventre; la respiration (30) anxieuse; étouffements; le cœur donne des battements perceptibles à la main et à l'oreille; le tronc cœliaque est encore très-sensible; le pouls radial est fréquent (110), petit, dépressible; les extrémités froides, légèrement violacées; la peau n'a presque

plus d'élasticité; crampes vives, répétées; absence d'urine; voix cassée; intelligence conservée. (20 sangsues autour de l'ombilic, limonade citrique, 3 pots; eau de Seltz; fragments de glace; potion gommée, 2 pots; potion anti-émétique de Rivière; trois quarts de lavements amidonnés et laudanisés; cataplasmes laudanisés.) Le soir, mieux notable; cessation de la diarrhée; diminution des vomissements; crampes moins vives; la chaleur est revenue aux extrémités; le pouls s'est relevé; la teinte violacée a disparu.

Le 30, trois selles liquides, blanchâtres, floconneuses et peu abondantes; vomissements de matières verdâtres, amères; épigastre à peine endolori; respiration calme; absence de crampes; les urines ont repris leur cours. (Même prescription, excepté les sangsues.)

Le 1er juillet, vomissements presque nuls; diarrhée suspendue; ventre indolent, non tendu; légère congestion vers la face, langue un peu rouge à la pointe; peau moite et douce au toucher. (Idem.) Le 2 la malade n'accuse plus que de la faiblesse; elle demande des aliments : on lui accorde du bouillon. A dater de cette époque, le mieux se soutint, et la malade sortit, parfaitement guérie, le 7 juillet. Ses digestions étaient rétablies; la convalescence fut prompte et exempte de coma.

Réflexions. — L'histoire de cette malade nous montre un exemple de psorentérie occupant toute l'étendue du tube digestif, et combinée avec une inflammation de la membrane muqueuse gastrique. La diarrhée, les vomissements, la vive douleur de l'épigastre et la fréquence du pouls nous semblent ne laisser aucun doute à cet égard. Nous avons attaqué la maladie par le traitement antiphlogistique, et l'améliora-

tion qui suivit l'application des sangsues, parle plus haut que tous les systèmes, que toutes les spéculations de l'esprit. Nous n'avons pas cru devoir insister davantage sur l'emploi des émissions sanguines; nous aurions inutilement affaibli la malade, nous aurions enlevé des ressources à la nature. La complication de la psorentérie une fois écartée, nous avons pensé qu'une médication simple permettrait à la maladie principale de parcourir ses diverses phases et d'arriver à une heureuse issue. L'événement a réalisé nos espérances. Les symptômes de la psorentérie se sont promptement dissipés; la réaction a été franche, et la malade n'a éprouvé aucun accident consécutif, soit du côté de l'abdomen, soit du côté du cerveau.

Observation 29[e]. Pelet, Adèle, âgée de 26 ans, chapelière, douée d'une bonne constitution, entra à l'hôpital le 6 juillet. Depuis plusieurs jours, elle se plaignait d'un malaise général et d'un dégoût pour les aliments; cependant elle continue de vaquer à ses travaux, cependant elle ne change rien à son régime. Hier, immédiatement après son dîner, elle fut prise de diarrhée, de vomissements et de crampes; les extrémités n'ont point tardé à se refroidir; la respiration devint anxieuse; la soif ardente. On lui donna une infusion de fleurs de tilleul et de têtes de camomille. Pendant la nuit, les vomissements et la diarrhée marchent croissants; les crampes s'exaspèrent.

Le 6 juillet, la face est abattue, plombée, tiède; la langue pointillée de rouge; la soif inextinguible; l'épigastre endolori; le ventre indolent; les déjections alvines sont blanchâtres, floconneuses, et se répètent souvent; vomissements aqueux,

insipides; les crampes arrachent des cris à la malade; la respiration est anxieuse. Cependant le diaphragme s'abaisse; l'expansion pulmonaire est nette; le cœur donne des battements sensibles à la main et à l'oreille; le pouls est fréquent (104), petit, dépressible; le tronc cœliaque repousse la main avec force; les extrémités sont tièdes, non violacées; absence d'urine, voix cassée, peau élastique; aucun trouble de l'intelligence. (20 sangsues au-dessus de l'ombilic; limonade citrique, 3 pots; glace en fragments; eau de Seltz; potion gommeuse; potion anti-émétique de Rivière; 3 quarts de lavements amidonnés et laudanisés; cataplasme sur le ventre; frictions; diète.) Le dévoiement persiste jusqu'au lendemain 7 juillet, avec les mêmes caractères; les vomissements se montrent opiniâtres; ils s'accompagnent de spasmes violents dans la région épigastrique; mais les matières vomies deviennent amères et verdâtres; l'épigastre s'endolorit davantage; la langue rouge, pointillée au sommet, jaune verdâtre au milieu; la chaleur reparaît aux extrémités; les crampes se calment; les urines reprennent leur cours; la voix moins cassée; le pouls s'est relevé, et conserve de la fréquence. (On insiste sur la limonade citrique glacée, sur les cataplasmes, et sur les lavements amidonnés.)

Le 8, mêmes phénomènes, même traitement. Le 9, face congestionnée, léger coma; langue rouge à la pointe: elle tend à se sécher; vomissements amers, verdâtres; la diarrhée et les crampes ont cessé; l'épigastre reste douloureux. (Même prescription; lavement de lin; cataplasme émollient sur l'épigastre.)

Le 10, moins de coma, moins de congestion vers la face, langue humide, moins rouge; épigastre presque indolent;

vomissements presque nuls; constipation. (Solution de gomme; infusion de feuilles d'oranger; potion gommée; cataplasmes épigastriques; demi-lavement de lin; diète.) Le 11, vomissements arrêtés; du reste, le mieux se soutient. (On accorde du bouillon coupé.) Cet état d'amélioration continue de jour en jour; on augmente la quantité des aliments, et la malade sortit guérie le 17 juillet.

Observation 29e. — François, Jacques-Louis, âgé de 35 ans, tailleur de pierres, doué d'une assez bonne constitution, entra à l'hôpital le 15 juin. Il habitait Paris depuis six semaines, et n'avait encore éprouvé aucun des symptômes du choléra; sa nourriture habituelle était de bonne nature, mais sa chambre était étroite et mal aérée. Quand nous le vîmes, il avait de la diarrhée depuis trois jours; ce qui ne l'empèchait point de se livrer à ses travaux accoutumés; il nous présenta l'état suivant: face un peu altérée, tiède, non violacée; œil légèrement enfoncé dans l'orbite; céphalée sus-orbitaire; langue tiède, blanchâtre; soif ardente; douleur autour de l'ombilic, avec et sans la pression; vomissements de matières aqueuses et un peu amères; déjections abondantes, séro-floconneuses; urine presque nulle; respiration non anxieuse; battements du cœur sensibles à l'oreille et à la main; pouls fréquent (90), petit, dépressible; extrémités froides, non cyanosées; voix soufflée; crampes plus marquées dans les membres abdominaux que dans les membres thoraciques. Intelligence et sensibilité intactes. (20 sangsues à l'anus; limonade citrique glacée; potion gommée; eau de Seltz; cata-

plasmes laudanisés; quart de lavement laudanisé; frictions; sinapismes.) Le 16, mêmes symptômes, à l'exception de la chaleur qui a reparu aux extrémités. (Même prescription, excepté les sangsues.) Le 17, réaction assez intense; face rouge, congestionnée; céphalée; tendance à l'assoupissement; conjonctives injectées; pupilles un peu dilatées; langue rouge; soif vive; douleur à l'épigastre; vomissements verdâtres, déjections liquides et jaunâtres; peau chaude, sèche; pouls fréquent, développé; urines peu abondantes; respiration facile. (10 sangsues à l'épigastre; reste *ut suprà,* excepté le laudanum.) Le 18, assoupissement plus prononcé qu'hier; face abattue; langue pointillée de rouge; isthme du gosier couvert de granulations rouges; reste idem. (Quart lavement amidonné; catap. ventre; limonade citrique; potion gommée; eau de Seltz.) Le 19 le coma a diminué; la langue est moins rouge; les vomissements suspendus; épigastre indolent; pouls sans fréquence; peau d'une chaleur douce; diarrhée presque nulle; crampes dissipées. (Même prescription, trois bouillons.) Le 20, le mieux continue. Le malade n'accuse plus qu'une grande faiblesse; sa langue est humide, blanchâtre; son ventre déprimé, indolent; la soif assez vive; la diarrhée est arrêtée; la voix toujours cassée. (Quart lavement avec un gros de quinquina; quart lavement amidonné; limonade citrique; bouillon coupé.) Le 21, hier soir, le coma était plus marqué; le pouls plus faible; les membres presque froids, etc. Cet affaissement général, sans traces d'inflammation gastro-intestinale, nous engage à prescrire une potion anti-spasmodique, avec addition d'un demi-gros d'extrait sec de quinquina, et une décoction de quassia amara.

Le 22, les mêmes phénomènes se sont reproduits; hier

soir : même coma, même anéantissement des forces ; ces symptômes se dissipent presque entièrement le matin. (Quatre pilules de quart de grain d'ext. aq. d'opium et un grain de camphre pour chaque.) Le 23, hier soir, coma plus prononcé que la veille ; mais, en outre, mouvement fébrile ; cet état se prolonge jusque vers deux heures du matin. (Limonade citrique 3, julep antisp., lavement émoll., cat. émoll. sur le ventre.) Le 24, même recrudescence du coma et de la fièvre, vers les quatre heures du soir ; cet état se dissipe presque complétement le matin. (Lavement émollient, et immédiatement après, lavement avec 10 grains de sulfate de quinine ; mêmes boissons.) On insista, pendant six jours, sur le sulfate de quinine en lavement, et nous vîmes les recrudescences fébrile et comateuse se dissiper peu à peu. Nous vîmes la langue s'humecter, et l'appétit revenir insensiblement ; on augmenta chaque jour la quantité des aliments, et le malade sortit le 8 juillet dans un état satisfaisant.

Observation 30e. — Baudet, Louis, âgé de 34 ans, doué d'une constitution robuste et athlétique, entra à l'hôpital le 19 septembre. Arrivé à Paris depuis 15 jours, Baudet était employé à la verrerie de la Gare, lorsque le 14 septembre il fut pris de diarrhée, sans coliques, sans réaction fébrile. Les 15, 16, 17, la diarrhée augmenta peu à peu ; les selles deviennent aqueuses, puis blanches et mêlées de flocons. Jusque-là, Baudet continue de vaquer à ses travaux ; mais le 18, les vomissements et les crampes, qui ne s'étaient manifestés qu'à des intervalles éloignés, acquièrent une inten-

sité plus grande; les extrémités se refroidissent; la voix se casse et les urines se suppriment. Le 19 septembre, transporté à l'hôpital, nous le trouvâmes dans l'état suivant : la face est rouge, abattue et empreinte de stupeur; les yeux enfoncés; la conjonctive injectée; les narines pincées et obstruées par des mucosités sèches; céphalée frontale; langue rouge à la pointe et sur les bords, blanchâtre au milieu; soif ardente; vomissements des boissons; douleur épigastrique; ventre non tendu; 15 selles liquides, blanches, floconneuses, et semblables à des lavures de chairs; respiration peu gênée; battements du cœur très-sensibles; pouls fréquent (95), dépressible; peau sèche, tiède; absence de cyanose; injection des capillaires aux extrémités; crampes peu intenses; voix cassée. (Limonade citrique, trois pots; potion gommeuse; eau de Seltz; glace en fragments; sinapismes; trois quarts lavements amidonnés et laudanisés; cataplasmes laud. sur le ventre.) Le 20, quatre selles liquides et de même nature qu'hier; vomissements verdâtres et amers; du reste, mêmes symptômes. (Limonade citrique, 2 pots; glace; 2 pot. gom.; eau de Seltz; trois quarts lavements laudanisés; 30 sangsues à l'épigastre.) Le 21, le dévoiement et les vomissements ont continué jusqu'à dix heures du soir; mais depuis cette époque ils n'ont point reparu; la face est moins abattue; la langue humide; la peau sèche, âpre, tiède; le pouls moins fréquent (88), dépressible; la voix moins altérée; la respiration calme. Les matières rendues hier par les selles ressemblent à de l'eau de riz; elles ne renferment point de flocons; tout annonce que le malade va entrer en convalescence. (Deux quarts lavements avec la décoction de quinquina et 10 gouttes de laudanum; reste *ut suprà.*) Les 22, 23, de

mieux en mieux : la face reprend son expression normale; les vomissements et la diarrhée se dissipent; la peau devient moite et d'une température douce; la langue s'humecte et se déterge. L'appétit reparaît.

On accorde du bouillon coupé; puis on augmente les aliments, et le malade sort parfaitement guéri le 15 octobre suivant.

Observation 31e. — Maulard, Jean, âgé de 35 ans, journalier, doué d'un tempérament sec, d'une assez bonne constitution, fut admis à l'hôpital le 18 juin. En proie à un malaise général depuis quelques jours, obligé cependant de se livrer à ses travaux, Maulard sentait son appétit diminuer chaque jour, lorsque, pendant la nuit du 18 juin, le dévoiement éclate; les vomissements ne tardent point à paraître, et les crampes surviennent presque en même temps. Quoique d'une stature grêle, Maulard jouit habituellement d'une bonne santé; ses digestions se font bien; il prend une nourriture substantielle; mais la chambre qu'il habite est étroite, mal aérée et placée sur le derrière. Il serait difficile d'assigner la circonstance qui a pu faire éclater le choléra chez ce malade, comme chez tant d'autres; il faut souvent le concours de plusieurs causes qui échappent presque toujours aux malades. Avant son entrée, Maulard n'a subi aucun traitement.

18 juin : face peu altérée; globe de l'œil enfoncé; conjonctive injectée au-dessous de la cornée; pupilles normales; langue rosée à la pointe, blanchâtre au milieu; éruption folliculeuse

sur le voile du palais, avec rougeur de l'isthme du gosier; soif ardente; vomissements abondants et aqueux; diarrhée (selles liquides, incolores, mêlées de flocons blanchâtres, semblables à de l'eau de savon); absence de coliques; douleur au-dessous de l'ombilic et à l'épigastre ; ventre mat et déprimé; des crampes se font sentir dans les membres, mais plus spécialement aux extrémités et aux mollets. La voix est un peu cassée; la respiration n'est pas anxieuse; le diaphragme s'abaisse; le tronc cœliaque bat avec force; le cœur donne des battements sensibles et pour l'oreille et pour la main; le pouls est fréquent (90), petit; les urines sont presque nulles; la peau conserve un peu d'élasticité; les extrémités sont froides et non violacées. (8 sangsues à l'anus, catap. sur les ventre; potion laudanisée avec 8 gouttes de laudanum de Sydenham, potion gommeuse, limonade gommée, eau de Seltz. Diète.) Le 19, à peu près mêmes symptômes; l'épigastre est toujours endolori; les vomissements, la diarrhée et les crampes persistent, etc. (12 sangsues à l'épigastre; gomme aromatisée, 2 pots; limonade citrique; deux quarts lavements amidonnés et six gouttes de laudanum ; julep. gom.; potion anti-émétique de Rivière; 3 cataplasmes de lin sur l'ombilic. Diète.)

Le 20, la diarrhée s'arrête, mais les vomissements se montrent rebelles; la langue est rouge à la pointe; la face se congestionne; l'assoupissement commence à apparaître; la peau est chaude; le pouls relevé, fréquent (86). (Même prescription qu'hier, à l'exception des sangsues.)

Le 21, les vomissements ont cessé; le coma s'est accru d'une manière notable; la face est fortement congestionnée; les conjonctives injectées; les pupilles un peu dilatées; la tête

lourde, le besoin de dormir continuel. A peine le fait-on sortir de ce coma qu'il y retombe immédiatement après; le ventre n'est point ballonné, ni douloureux; deux selles liquides, mais jaunes; urines rétablies; respiration facile. (Six sangsues derrière chaque oreille; vésicatoire à chaque mollet; reste *ut suprà ;* bouillon coupé.)

Les 22, 23, le coma continue; la langue se dessèche : elle est rouge; la face colorée; la peau chaude, âcre; le pouls fréquent (105), développé, dépressible; le dévoiement est arrêté. On insiste sur les moyens qui précèdent. Le 25, amélioration ; peau moins chaude, moins âcre; pouls moins fréquent (95); la langue s'humecte ; l'assoupissement persiste; les pupilles ne sont plus dilatées. Même prescription.

Le 26, les symptômes d'irritation gastro-intestinale étant dissipés, et le malade ne conservant plus qu'une grande faiblesse, on fait ajouter quatre onces de vin de Malaga dans sa tisane. A dater de cette époque, le mieux se soutient, l'assoupissement se dissipe, le malade recouvre peu à peu l'appétit, et sort parfaitement guéri le 6 juillet.

Observation 32e. — Une domestique, âgée de 21 ans, douée d'un tempérament sanguin, d'une constitution débile, d'une stature grêle, fut admise à l'hôpital le 15 août. Elle était malade depuis deux jours; le début s'annonce par une diarrhée peu abondante, sans coliques, sans mouvement fébrile. Hier matin, apparition de vomissements et de crampes; déjections alvines blanchâtres et floconneuses. Nous la trouvons dans l'état qui suit : face abattue, violacée, tiède; œil enfoncé dans

l'orbite; pupilles normales; céphalée sus-orbitaire; langue humide, rouge à la pointe et sur les bords, blanchâtre au milieu, commençant à devenir bleue; soif inextinguible; vomissements de matières incolores et légèrement amères; douleur vive à l'épigastre, avec et sans la pression; ventre non tendu, mat, indolent au-dessous de l'ombilic; douleur dans la région lombaire et de chaque côté; diarrhée; matières abondantes, séro-floconneuses, analogues à de l'eau de savon; absence de coliques; urines supprimées. Respiration anxieuse (30); étouffements au niveau du diaphragme; l'expansion pulmonaire s'entend assez bien; battements du cœur sont perceptibles à la main et à l'oreille; le pouls est fréquent (105); petit, dépressible; les extrémités sont froides, violacées; la peau conserve son élasticité; partout ailleurs la chaleur est normale. Les crampes se font sentir avec violence dans les membres et arrachent des cris à la malade. (25 sangsues à l'épigastre; cataplasmes émollients sur le ventre; sinapismes; limonade citrique glacée; fragments de glace; potion gommeuse; potion anti-émétique de Rivière; eau de Seltz. Diète.) Le soir, moins bien : la face est plus abattue, froide, violacée; la respiration anxieuse; les vomissements et la diarrhée continuent avec une égale intensité; les crampes se répètent avec la même violence; le pouls est presque insensible, fréquent (110); la voix cassée; les urines nulles; la peau conserve encore un peu d'élasticité. (On insiste sur la glace, sur les boissons froides et simples, sur les frictions.)

Le 16, soulagement léger; le pouls est un peu relevé; les extrémités toujours froides et légèrement violacées; les yeux enfoncés dans l'orbite; les conjonctives injectées; la langue rouge à la pointe; l'hypogastre douloureux; coliques; diar-

rhée moins abondante, floconneuse; les matières vomies sont verdâtres, amères; urines nulles; voix cassée. (15 sangsues à l'anus; reste *ut suprà.*) Le soir, la réaction commence à s'établir; les extrémités sont chaudes; le pouls moins petit; la teinte violacée diminue; l'élasticité de la peau a reparu complète; le dévoiement est peu abondant; les matières toujours blanchâtres; les vomissements persistent: ils sont verdâtres et amers; la respiration n'a plus autant d'anxiété; les crampes sont calmées; la voix est cassée. (Même prescription; en outre, potion légèrement stimulante.) Le 17, réaction vers le cerveau; face congestionnée, rouge; assoupissement presque continuel; langue rouge, humide, couverte d'un enduit jaune, verdâtre au milieu; soif vive; vomissements peu abondants; hoquet pénible et fréquent; le ventre est chaud, un peu tendu, douloureux à l'épigastre; la diarrhée a cessé; les urines coulent peu abondantes; les extrémités sont congestionnées, chaudes; le pouls fréquent (95), peu développé, dépressible. (20 sangsues au-dessous de l'ombilic, cataplasmes, limonade citrique glacée; reste *ut suprà.*) La diarrhée ne se reproduit plus; mais le hoquet persiste pendant plusieurs jours; la congestion vers le cerveau se prolonge jusqu'au 22; une épitaxis spontanée et peu abondante amène un soulagement notable, et détruit en grande partie le coma que nous observions depuis la réaction et qui avait résisté aux sinapismes, aux vésicatoires appliqués sur les cuisses, et aux sangsues appliquées derrière les oreilles. Le 23 apparaissent sur les membres des taches rouges, séparées par des intervalles blancs, sans douleur, et accompagnées d'une démangeaison légère: ces taches rouges envahissent toute l'enveloppe cutanée d'une manière successive; elles se flétris-

sent ensuite, et se terminent par une desquamation générale de l'épiderme. A dater de cette éruption (roséole), le mieux se soutient; le coma dissipé ne revient plus ; la langue se déterge ; le ventre devient souple, indolent ; le hoquet cesse ; l'appétit se fait sentir. On accorde du bouillon coupé; peu à peu on augmente la quantité des aliments, et la malade sort guérie le 3 septembre.

Observation 33[e]. — Quatrain, Jeanne, âgée de 34 ans, journalière, enceinte de six mois, d'un tempérament sanguin et d'une bonne constitution, fut admise à l'hôpital le 14 avril 1832.

Elle était malade depuis 16 heures; diarrhée au début, sans coliques, sans réaction fébrile; vomissements et crampes ne tardent point à se développer; les matières rendues par les selles deviennent blanches, floconneuses; les extrémités se refroidissent. On lui donna une infusion de thé et de camomille; des quarts de lavements amidonnés; mais ces symptômes s'aggravant de plus en plus, elle fut amenée à l'hôpital. Nous la trouvâmes dans l'état suivant : face abattue, tiède, violacée ; œil enfoncé dans l'orbite; conjonctives injectées, humides; pupilles normales; céphalée sus-orbitaire; langue humide, blanche au milieu; soif ardente ; vomissements incolores; ventre indolent, excepté l'épigastre, non tendu, mat; diarrhée; selles fréquentes, blanches, floconneuses; absence d'urine; respiration difficile; sentiment d'un poids qui l'étouffe au niveau du diaphragme; battements

du cœur perceptibles; pouls fréquent, petit, dépressible; extrémités froides, commencent à être violacées; la peau conserve son élasticité; crampes se répètent souvent et arrachent des cris à la malade; les urines sont supprimées; la voix est cassée. (Lim. cit., orge gom., pot. gom., potion anti-émétique de Rivière, eau de Seltz, frictions alcoolisées, trois quarts lavements amidonnés et laudanisés (diète); 30 sangsues à l'épigastre.) Ces symptômes persistent jusqu'au lendemain. Les sangsues n'ont apporté qu'un soulagement très-léger. On insiste sur les frictions, sur les lavements amidonnés et laudanisés. On ajoute de la glace à la prescription d'hier.

Le soir, les vomissements ont cédé; la diarrhée est moins abondante, et la réaction commence à s'établir; mais à cette période algide succèdent le coma et tous les phénomènes qui l'accompagnent; la langue se sèche; les lèvres et les dents fuligineuses; la peau chaude; le pouls fréquent; le ventre tendu, ballonné; les vomissements bilieux sont ensuite remplacés par le hoquet; les crampes cessent; les urines reprennent leur cours; la diarrhée diminue et devient jaunâtre. (On combat la somnolence par des sangsues derrière les oreilles: 8 de chaque côté; on y revient à deux fois différentes.)

Le coma persistait malgré les sangsues et deux épistaxis spontanées, lorsque, le 21 avril, la malade est prise des douleurs de l'enfantement; le travail se termine par l'expulsion d'un fœtus mort et âgé d'environ six mois.

Dès cette époque, le coma diminue ainsi que la congestion vers la face; la langue s'humecte; les lochies coulent bien pendant deux jours; mais le troisième elles s'arrêtent, et, en même temps, apparaît une douleur vive à l'hypogastre; la

matrice était peu revenue sur elle-même; le pouls était fréquent, développé; la face rouge, presque érysipélateuse. (30 sangsues au-dessous de l'ombilic, cataplasmes sur le ventre, limonade gommée, potion gommée; diète.) Les sangsues ont calmé la douleur, et dès cette époque le mieux ne s'est plus ralenti. Le 26, on accorde du bouillon, et le 30 la malade sort guérie. Elle conservait encore beaucoup de faiblesse, mais tous les accidents étaient dissipés.

Observation 34[e]. — Grelet, Françoise, âgée de 56 ans, matelassière, douée d'une constitution affaiblie par la misère, fut admise à l'hôpital le 8 juin. Elle habite une chambre étroite, malpropre et humide, au rez-de-chaussée, et sur le derrière; elle se nourrit assez bien. Ce matin, elle fut prise de coliques, puis de diarrhée; bientôt après les vomissements ont apparu. Ces symptômes se sont accrus davantage. On lui fit prendre du thé. Le soir même, elle entre à l'hôpital. Elle offrit l'état suivant : face congestionnée, rouge; œil enfoncé, conjonctives injectées; langue rouge, sèche; vomissements verdâtres et amers; diarrhée abondante; matières blanches, floconneuses; ventre tendu, douloureux au-dessous de l'ombilic; les urines continuent de couler peu abondantes; crampes; respiration peu difficile, l'expansion s'entend bien; les battements du cœur sont très-perceptibles; la voix est cassée; la peau chaude, même aux extrémités; le pouls (90) développé, mais dépressible; l'élasticité de la peau est intacte; absence de cyanose. (12 sang-

sues à l'anus, cataplasmes laudanisés, lim. citr. glacée, pot. gom., pot. laudanisée avec huit gouttes de laudanum de Sydenham, trois quarts lavements amidonnés. Diète). Le 9 juin, soulagement notable; ventre moins douloureux; langue moins sèche; diarrhée moins abondante; matières toujours blanches, floconneuses; face congestionnée, violacée; l'assoupissement continue; la chaleur de la peau se conserve aux extrémités; le pouls est fréquent, petit, faible. La sécheresse de la peau, le coma profond font suspendre les opiacés. (5 sangsues derrière chaque oreille, sinapismes aux membres, lavem. émollients, catap. sur le ventre.) Le 10 juin, dévoiement arrêté ainsi que les vomissements; mais l'épigastre est douloureux; la peau chaude, sèche; le pouls fréquent; la face congestionnée, et le coma persiste. On insiste sur les boissons adoucissantes; on revient encore une fois aux sangsues (12 autour de l'ombilic). Peu à peu tous ces phénomènes typhoïdes se dissipent; la face reprend une expression meilleure, le coma cesse, et la malade entre en convalescence. Le 15 juin, on lui accorde du bouillon qu'elle supporte bien; on augmente la quantité des aliments d'une manière graduée, et, le 6 juillet, cette malade est sortie guérie.

Observation 35e. — Grébet, Marie-Julie, âgée de 44 ans, couturière, rue Traversine, n° 26, douée d'une constitution débilitée par la misère, entra à l'hôpital le 21 juin.

Elle habite une chambre étroite, mal aérée, au cinquième;

se nourrit d'aliments peu substantiels; en un mot, elle est réduite au dernier degré de la misère.

Grébet, placée dans des conditions aussi fâcheuses, fut prise hier matin de dévoiement; les matières rendues étaient jaunâtres; au bout de trois heures, apparaissent des vomissements de matières aqueuses et légèrement amères. On lui donna une infusion de thé et on tâcha de rappeler la chaleur vers la peau; mais les vomissements et la diarrhée s'accroissent; les crampes s'emparent des membres; la respiration devient pénible, anxieuse; les urines cessent de couler; elle passe la nuit dans cet état d'anxiété, et, dès le lendemain, elle se fait transporter à l'hôpital.

Nous observons les symptômes suivants : face abattue, froide, un peu violacée; œil enfoncé dans l'orbite, conjonctives injectées, pupilles normales; céphalée frontale; langue humide, rosée à la pointe, blanche au milieu; soif inextinguible; vomissements de matières aqueuses, insipides; les boissons ne font qu'exciter les vomissements; diarrhée abondante; matières blanches, floconneuses, analogues à de l'eau de riz; douleur vive à l'épigastre et au-dessous de l'ombilic; ventre déprimé, mat; borborygmes; absence d'urine; respiration (40) haute, costale; la respiration diaphragmatique est nulle; car, loin de s'abaisser, le diaphragme semble au contraire s'élever. La malade nous dit qu'elle sent un poids énorme dans la région de l'épigastre, que ce poids l'étouffe; qu'en vain elle veut abaisser le diaphragme : elle ne le peut, à cause de cette douleur si intense que nous avons signalée plus haut : elle soulève ses côtes sans la moindre souffrance; mais cette respiration est insuffisante : de là le besoin d'air qu'éprouve la malade. L'expansion pulmonaire est très-forte

et comme puérile; l'air semble se précipiter avec vitesse dans les bronches; battements du cœur sensibles à la main et à l'oreille; leur bruit s'entend bien; le pouls est fréquent (108), perceptible, mais faible, dépressible; les extrémités sont froides, violacées; la teinte générale de la peau est plombée; la chaleur se maintient au tronc et se fait surtout sentir à l'épigastre, où le tronc cœliaque donne des battements très-forts et non en harmonie avec le pouls; la peau conserve un peu d'élasticité; la voix est cassée. D'après ces symptômes, l'imminence du danger était évidente. (30 sangsues au-dessous de l'ombilic, lim. citr.; eau de Seltz; frict. sur le rachis avec la teint. de noix vomique; 2 pot. anti-émétiques étendues; 2 quarts lavements avec décoction de quinquina et de graines de lin, partie égale, et 10 gouttes de laudanum de Sydenham; diète absolue.) Le soir, mêmes symptômes; cependant l'épigastre est moins douloureux et la respiration s'exécute avec moins de peine; la teinte violacée a disparu; les crampes continuent ainsi que les vomissements et la diarrhée. (Même prescription.)

Le 22, amélioration notable, dévoiement presque entièrement suspendu, ainsi que les vomissements; crampes légères; chaleur revenue aux extrémités; face moins abattue; respiration calme; la langue est humide; la soif moins ardente. (Même prescription, excepté les sangsues.)

Le 23, le mieux continue; on cesse les frictions avec la teinture de noix vomique; la face est rouge, un peu congestionnée; les yeux sont un peu injectés; besoin de dormir presque continuel; sentiment de faiblesse générale; peau chaude, moite; ventre indolent, non ballonné; les urines ont repris leur cours; la voix n'est plus cassée; diarrhée et

vomissements nuls. (On insiste sur la limonade citrique, l'eau de Seltz, les cataplasmes sur le ventre, les demi-lavements adoucissants et la diète.) La congestion vers la face se dissipe; l'assoupissement cesse; l'appétit revient. On accorde du bouillon coupé, le 26, et l'on augmente ensuite graduellement la quantité des aliments. Le mieux ne s'est point ralenti, et la malade est sortie guérie, le 6 juillet.

Observation 36e. — Prévost, Narcisse, âgé de 23 ans, journalier, doué d'un tempérament bilieux, d'une forte constitution, fut admis à l'hôpital le 15 août. Il habite une chambre étroite, mal aérée; supporte de grandes fatigues, boit une grande quantité de bière chaque jour (jusqu'à 5 bouteilles); sa nourriture est substantielle. A la suite de travaux pénibles, Prévost fut pris de diarrhée, il y a 3 jours; il continua de vaquer à ses occupations jusqu'à la veille de son entrée; tout à coup la diarrhée augmente et revêt les caractères cholériques; apparaissent ensuite des vomissements, des crampes; les extrémités se refroidissent et la respiration s'embarrasse.

Lors de son entrée, ces symptômes persistaient; sa face était abattue; ses yeux enfoncés, injectés; sa langue humide, couverte d'un enduit blanchâtre au milieu, rouge sur les bords et à la pointe; soif ardente; épigastre douloureux à la pression; ventre non tendu, non ballonné; borborygmes; diarrhée; matières séreuses et floconneuses, blanchâtres;

vomissements de matières verdâtres et amères; urines peu abondantes; crampes peu intenses; respiration gênée, mais non anxieuse; point d'étouffements; le diaphragme s'abaisse; l'expansion pulmonaire est nette; battements du cœur conservent de la force; pouls fréquent (92), petit et dépressible; tronc cœliaque bat avec force; les extrémités sont froides, non violacées; la peau conserve son élasticité. (25 sangsues à l'épigastre, catap. sur le ventre, lim. citr. glacée, pot. gom., eau de Seltz, trois quarts lavements amidonnés et laudanisés, sinapismes sur les membres.)

Le 16, persistance du dévoiement; matières moins floconneuses; vomissements suspendus, ainsi que les crampes; les extrémités sont chaudes; le pouls est moins fréquent, plus développé; la respiration facile; la soif moins ardente. (15 sangsues à l'anus, reste *ut suprà.*)

Le 17, léger assoupissement; la langue tend à se sécher: elle est rouge à la pointe et sur les bords; la face est légèrement abattue; la diarrhée a cessé; la voix est moins altérée. On insiste sur les boissons rafraîchissantes, sur la diète, sur les lavements, et le malade entre promptement en convalescence et sort guéri le 30 août.

Observation 37e. — N...., âgée de 19 ans, domestique, douée d'un tempérament sanguin, d'une bonne constitution, fut admise à l'hôpital le 17 août 1832. Elle habite une chambre étroite et mal aérée, supporte de grandes fatigues, fait usage d'une bonne nourriture; jusqu'à cette époque, elle

n'avait ressenti aucune influence de l'épidémie. Hier matin, elle fut prise de diarrhée; quelques heures après apparaissent des vomissements et des crampes; les extrémités se refroidissent. On lui donna une infusion de tilleul gommée; mais les accidents ayant continué et s'étant surtout exaspérés pendant la nuit, elle vint réclamer des secours à l'hôpital. Nous la trouvâmes dans l'état suivant : face abattue ; œil enfoncé et cerné; conjonctives injectées; nez froid; céphalalgie sus-orbitaire ; langue rouge à la pointe, blanche au milieu, humide ; soif ardente; épigastre douloureux avec et sans la pression; étouffements; vomissements avec efforts spasmodiques; matières vomies incolores et légèrement amères; chaque fois qu'elle veut boire, elle vomit ; au-dessous de l'ombilic, ventre non tendu, indolent; borborygmes; quelques coliques; selles fréquentes; matières blanches, floconneuses; absence d'urine; crampes plus prononcées dans les bras que dans les jambes. Les battements du cœur sont perceptibles à la main et à l'oreille; le tronc cœliaque bat avec force; le pouls est fréquent, dépressible, petit; les extrémités, froides, commencent à se cyanoser; la peau conserve son élasticité. (20 sangsues à l'épigastre, lim. citr. glacée, pot. gom., eau de Seltz, lav. amid. et laudanisés avec 10 gouttes de laudanum de Sydenham; frictions; diète absolue; quelques fragments de glace.) Le soir, amélioration notable : le dévoiement est calmé ainsi que les vomissements; les crampes ont cessé; la face est moins abattue; la réaction est arrivée. On insiste sur les boissons froides.

Le 18, le mieux se soutient; tous les accidents cholériques sont dissipés; la chaleur est bien revenue; le pouls s'est reevé; la langue est pointillée de rouge; l'épigastre est in-

dolent; les urines ont reparu. Même prescription, excepté les sangsues. Le 19, de mieux en mieux; on accorde du bouillon. Le 20, très-bien; on accorde 2 soupes. Le 22, la malade sort guérie.

Observation 38e. — Dumas, fumiste, âgé de 32 ans, doué d'un tempérament bilieux et d'une bonne constitution, fut admis à l'hôpital le 20 juin. Jusqu'à ce jour, Dumas n'avait ressenti aucune influence de l'épidémie, lorsque hier, vers les onze heures du soir, il fut pris de dévoiement, de vomissements et de crampes. Tourmenté par une soif ardente, il but une grande quantité d'eau pendant la nuit; les vomissements étaient excités par les boissons; les crampes furent extrêmement vives; la diarrhée conserva le même degré.

20 juin : face abattue, jaune, violacée dans quelques points, mais principalement aux joues et sur le nez; froid des extrémités; langue violacée, tiède; respiration fréquente, haute, mais facile; expansion nette, puérile; le diaphragme s'abaisse; épigastre douloureux; tronc cœliaque bat avec force; ventre mat, déprimé; diarrhée abondante; matières blanches floconneuses; vomissements répétés de matières aqueuses et mêlées de flocons; crampes très-vives dans les bras et dans les jambes; rétraction spasmodique des doigts; urines presque nulles; voix cassée; pouls fréquent, perceptible (95). La peau conserve un peu d'élasticité. (Lim. cit., eau de Seltz; liqueur alcaline : pr. eau de gomme 1 pot, sel marin 40 gr., bi-carbonate de soude gr. 10, chlorate de potasse gr. 10; deux demi-lavements avec sulfate de soude ℥jv, sel marin ℥jj.)

Nous ne pûmes juger les effets de l'emploi de ces derniers moyens, car les boissons furent vomies indistinctement; les lavements ont été rejetés presque immédiatement, sans qu'on ait observé aucun changement dans la marche de la maladie. Cependant, vers le soir, la diarrhée commence à devenir moins abondante; les vomissements persistent; les matières rendues sont de la même nature. La soif est inextinguible; les crampes sont moins vives et n'arrachent plus autant de cris au malade; la face ne s'altère pas davantage; la teinte violacée n'a point encore disparu; la peau est tiède, peu élastique; dyspnée; il semble que le malade ait un poids énorme à soulever; le diaphragme s'abaisse fort peu; l'expansion pulmonaire est puérile; le pouls est fréquent, petit, dépressible; les urines nulles; l'intelligence intacte; la langue est humide, couverte d'un enduit jaunâtre; le ventre indolent. (On insiste sur les moyens indiqués plus haut.) Le 21, le dévoiement est calmé; les vomissements ont à peu près cessé, ainsi que les crampes; mais il reste une faiblesse générale, et une difficulté marquée de respirer; le pouls est dépressible, fréquent; le ventre indolent. (On prescrit : lim. cit., eau de Seltz, 2 potions gom., coupées avec la potion anti-émétique de Rivière; vin de Madère ℥jj dans une potion gommée, trois quarts de lavements amidonnés et laudanisés; cataplasmes laudanisés sur le ventre.) Le 22, on insiste sur la limonade citrique, la potion anti-émétique. On ajoute 6 pilules de camphre d'un grain chaque, dans le but de calmer les spasmes de l'estomac et les crampes qui persistent, quoique à un degré moins intense. Le 23, commence la réaction franche; la face reprend son expression; le froid des extrémités disparaît; la voix revient; les urines coulent; les crampes ont cédé, ainsi que les vomis-

sements; le dévoiement est dissipé; la respiration est facile; le pouls est relevé, moins fréquent; la langue est humide, blanche; la peau est élastique. (On accorde du bouillon.)

A dater de cette époque, de mieux en mieux; les accidents cholériques une fois dissipés, il n'est survenu, du côté de l'intestin, aucune trace d'inflammation; le ventre s'est toujours montré indolent; la langue humide; la peau moite et douce au toucher. On augmente peu à peu les aliments, et le malade sort le 2 juillet dans un état de guérison parfaite.

Observation 39e. — Drouet, François, âgé de 23 ans, maçon, doué d'un tempérament lymphatico-sanguin, d'une bonne constitution, fut admis à l'hôpital le 7 avril à midi.

Drouet se nourrit de substances indigestes, et boit de l'eau à ses repas. Hier, il but à peu près un litre de vin. Quelques instants après, il ressentit un malaise épigastrique, et fut pris de dévoiement, suivi bientôt de vomissements, de crampes, et d'une douleur vive à l'épigastre. (15 sangsues ont été appliquées au-dessus de l'ombilic; on lui donna une infusion de thé et de camomille chaude, et deux quarts de lavements amidonnés et laudanisés.) Malgré ces moyens, le dévoiement, les vomissements et les crampes ont persisté. A son entrée, nous le trouvâmes dans l'état suivant : face abattue, violacée au niveau des pommettes; joues tièdes; œil terne, enfoncé dans l'orbite; conjonctives injectées; pupilles resserrées; point de céphalalgie; langue humide, blanchâtre; douleur épigastrique avec et sans la pression; vomissements aqueux, insipides; fréquentes nausées, dévoiement abondant; matières

analogues à de l'eau de riz ; respiration fréquente (38), costale, anxieuse ; sentiment d'un poids qui l'étouffe au niveau du diaphragme ; battements du cœur, perceptibles à l'oreille, choc presque insensible ; pouls (110), petit, dépressible ; extrémités tièdes ; les crampes ne reviennent qu'à des intervalles éloignés ; la voix est cassée ; absence d'urine. La peau conserve son élasticité ; l'expansion pulmonaire s'entend bien. (Lim. gom. ; solution de gomme, aromat. ; pot. gom., pot. antisp., frictions, sinapismes, trois quarts lavements amidonnés et laudanisés.) Le soir, face plus altérée ; prostration plus grande ; cyanose légère ; froid des extrémités ; élasticité de la peau diminue ; pouls à peine sensible, fréquent (110) ; vomissements suspendus ; diarrhée persiste ; absence d'urine ; respiration pénible (28) ; langue humide, violacée, froide. (Thé chaud, potion stimulante : eau de tilleul ℥jj, eau de laitue ℥j, sirop d'écorces d'orange ℥j, vin de Malaga ℥jj ; frictions.)

Sous l'influence de ces boissons stimulantes, la réaction générale s'est développée ; le pouls s'est relevé, et, dès le lendemain, nous observâmes un mieux notable. On a continué l'emploi de légers stimulants jusqu'au 9. Alors, la chaleur étant survenue, la face rouge, congestionnée ; l'épigastre douloureux ; la langue sèche, rouge ; le pouls fréquent, relevé ; on eut recours aux boissons adoucissantes, aux cataplasmes, aux lavements émollients, etc. La langue s'est humectée ; le pouls a diminué de fréquence ; la face reprit une bonne expression, et le malade entra en convalescence. On accorda du bouillon coupé ; chaque jour on augmenta peu à peu les aliments ; le malade fut transféré, le 15 avril, dans

une salle de convalescence, et sortit, le 24 avril, de l'hôpital, dans un état de guérison complète.

Ce fait est intéressant, car, lorsque le malade est entré à l'hôpital, l'ensemble des symptômes annonçait un danger presque imminent. Cependant, sous l'influence des stimulants, la réaction arrive, se maintient et dépasse les limites. Une gastro-entérite succède au choléra : nous la combattons par les adoucissants et la diète. Peu à peu la réaction fébrile se calme, et la guérison ne tarde pas à être obtenue.

Observation 40e. — Poplumo, Clarisse, âgée de 24 ans, domestique, douée d'un tempérament lymphatico-sanguin, d'une constitution assez bonne, fut admise à l'hôpital le 21 avril.

Malade depuis deux jours, elle eut d'abord une diarrhée abondante, sans coliques, sans réaction fébrile ; les vomissements et les crampes ne se sont développés que 24 heures après le dévoiement; les déjections étaient blanchâtres et mêlées de flocons analogues à de l'eau de riz. A ces symptômes s'en sont joints d'autres, tels que : cyanose, absence d'urine, voix cassée, perte d'élasticité de la peau, refroidissement des extrémités. (15 sangsues furent appliquées à l'épigastre; on lui donna, pour boisson, de l'infusion de thé et de l'eau de riz gommée.)

Lors de son arrivée à l'hôpital : décubitus dorsal; face bleue, froide; œil enfoncé, cerné; pupilles resserrées et mobiles; conjonctives injectées; langue humide, froide, violacée; soif ardente; ventre souple, indolent, même à la

pression, non tendu, d'une chaleur douce; quelques selles liquides et blanchâtres; épigastre légèrement douloureux sous la pression; vomissements de matières amères et verdâtres; respiration pénible; étouffement; sentiment d'une barre au niveau de l'épigastre; absence d'urine; voix éteinte; crampes légères; pouls misérable, presque insensible, disparaît même de temps en temps (80); la peau n'a plus d'élasticité; les facultés intellectuelles sont conservées. (Lim. gom., potion stimulante avec deux onces de vin de Malaga, frictions alcoolisées sur les membres, eau de Seltz, lavements amidonnés et laudanisés.) Sous l'influence de ces moyens la réaction s'établit; au bout de deux jours la cyanose se dissipe, la chaleur revient aux extrémités; la diarrhée et les vomissements se suspendent; la respiration s'exécute avec moins de peine; le pouls se relève un peu; les urines reparaissent. Malgré cette amélioration, la malade resta pendant plusieurs jours dans une prostration extrême; elle avait un hoquet fréquent et pénible; quelques nausées; la voix éteinte; les yeux abattus et enfoncés; la langue rouge sur les bords. Cet état ne jugeait point la maladie. (On abandonne les stimulants pour employer la limonade gommée, les potions gommeuses, celle de Rivière, et l'eau de Seltz.) La réaction se maintient jusqu'au 26; mais cette réaction était trop faible, trop lente, pour qu'on regardât la malade comme hors de danger. Aussi, le 26 avril, nous vîmes reparaître le coma, la teinte bleue, le froid des extrémités, la diarrhée et le hoquet. (Frictions sur les membres, chaleur à l'extérieur, vésicatoires aux mollets.)

Jusqu'au 28, même état, même anéantissement des forces; léger subdélirium; dépression facile du pouls; point de

diarrhée, point de vomissements; hoquet moins fréquent.

Le 29, la chaleur revient à la peau; le pouls se relève mais la voix est toujours éteinte, la langue est sèche, rouge à la pointe et sur les bords; l'épigastre s'endolorit. (12 sangsues au-dessous de l'ombilic, cataplasmes lin; reste *ut suprà.*)

La chaleur se maintient à la peau; la prostration diminue; la physionomie se congestionne; tendance à l'érysipèle; il survient une otite à droite; en même temps, l'œil du même côté s'enflamme et suppure; la vue se trouble, et l'ouïe se perd presque entièrement à droite. Dès cette époque, la réaction s'est soutenue; la langue s'est humectée; le pouls s'est relevé; le hoquet a diminué peu à peu; la diarrhée a cessé, et l'appétit est revenu.

On lui accorde d'abord du bouillon coupé; on applique sur l'épigastre un emplâtre de tartre stibié, dans le but de combattre le hoquet. Elle allait entrer en convalescence; le dévoiement, qui plusieurs fois avait reparu, était dissipé, lorsqu'elle fut prise d'une agitation violente avec réaction fébrile. Au bout de quelques jours la fièvre se calme, mais le délire continue. (On cherche à le combattre par une saignée d'une palette et demie.)

Le 12 mai, toute espèce de réaction fébrile a disparu; la malade se croit transportée dans le ciel; elle est environnée de saints; ses paroles sont toutes mystiques; ses yeux sont hagards et injectés. Quand on lui fait des questions, elle y répond d'une manière exacte; mais, une fois livrée à elle-même, elle divague et retombe dans sa monomanie. Du reste, la peau est fraîche; le pouls (90) non développé; la langue humide; l'appétit très-bon, et les digestions faciles. Cet état ne permettait pas de la laisser plus long-temps dans une salle

de maladies aiguës : elle les troublait, jour et nuit, par ses cris. On la fit transférer à l'hospice de la Salpêtrière.

Observation 41[e]. — Lunant, Geneviève-Françoise, âgée de 65 ans, douée d'une constitution débilitée, entra à l'hôpital le 22 août.

Elle fut prise de diarrhée d'une manière presque instantanée, et sans cause connue. A ce symptôme s'ajoutent bientôt des vomissements et des crampes ; les extrémités se refroidissent ; la voix se casse ; les urines se suppriment, et la cyanose apparaît. La malade est restée deux jours chez elle sans aucun traitement. Quand nous la vîmes, elle nous offrit l'état suivant : face profondément altérée ; œil enfoncé ; langue humide, jaunâtre ; soif ardente ; vomissements amers, légèrement verdâtres ; sentiment d'une barre au niveau de l'épigastre ; ventre douloureux avec et sans pression, mais principalement autour de l'ombilic ; quelques coliques ; déjections abondantes, liquides et légèrement jaunâtres, mêlées de quelques flocons blancs ; respiration pénible ; le diaphragme s'abaissait avec beaucoup de difficulté ; expansion pulmonaire s'entendait assez bien dans tous les points du thorax ; pouls fréquent, petit, dépressible ; extrémités froides et d'une teinte plombée ; peau moins élastique que dans l'état normal ; crampes dans tous les membres ; absence complète d'urine. (Ipécacuanha 25 grains en 2 doses, lim. citr. glacée, trois quarts lavements amidonnés, potion calmante avec sirop diacode ʒjj, cataplasmes sur le ventre, sinapismes promenés sur

les membres.) L'ipécacuanha fut suivi de vomissements copieux ; il produisit une amélioration marquée et rendit la respiration plus aisée.

Le 23, la diarrhée et les vomissements sont arrêtés, ainsi que les crampes ; la chaleur de la peau est revenue; la respiration n'est plus gênée que par une douleur survenue depuis hier dans l'hypocondre droit. Cette douleur nous semble avoir son siége dans la plèvre et n'être aucunement liée avec la psorentérie. (15 sangsues *loco dolenti,* lim. citr. glacée, potion de Rivière, pot. gom.)

Le 24, la malade n'accuse plus que de la faiblesse; elle respire facilement et demande du bouillon : on la tient à la diète. Le 25, rien de nouveau ; bouillon coupé.

Le 26, moins bien; la diarrhée et les vomissements ont reparu; le pouls est fréquent, petit; la face altérée; la langue sèche; la voix cassée ; toux ; crachats opaques et puriformes. (Riz gommé, sirop de ratanhia ℥ß, potion gommeuse, quart lavement amidonné et laudanisé. Diète.) Le 27, mêmes symptômes. Le 28, moins de diarrhée; voix moins cassée; pouls (89) moins dépressible. Même prescription. Le 29, le mieux se soutient ; la diarrhée et les vomissements sont calmés; la langue est humide; la peau fraîche; le pouls à 76; la face n'est plus altérée; le ventre est souple, indolent ; la voix reprend son timbre normal. (Bouillon.) Le 30, mêmes symptômes. (*Quassia amara* en décoction avec sirop de gentiane ℥jj ; 2 soupes.) A dater de cette époque, de mieux en mieux. On augmente progressivement la quantité des aliments, et la malade sortit guérie le 16 septembre.

Malgré la présence de douleurs autour de l'ombilic, nous n'avons pas craint d'administrer l'ipécacuanha; nous avons

mieux aimé nous exposer à exciter un certain degré d'inflammation dans les voies digestives que d'abandonner la maladie à elle-même, que de la combattre de prime abord à l'aide des émissions sanguines. Déja, dans des circonstances analogues, nous avions vu l'ipécacuanha produire de bons effets, tandis que les émissions sanguines, ou tout autre moyen, ne nous avaient point paru exercer une action aussi prompte et aussi avantageuse. Les étouffements, que la malade rapportait à la région de l'épigastre, l'enduit jaunâtre qui couvrait la langue, l'absence des signes inflammatoires du côté de l'estomac, furent pour nous l'indication des vomitifs. L'événement n'a pas trompé notre attente. Comment agit l'ipécacuanha? Nous n'entreprendrons pas d'en donner une explication précise; c'est un résultat de l'empirisme éclairé, rationnel; et voilà, suivant nous, le seul empirisme qu'on doive suivre en médecine. Toutefois, nous sommes loin de penser que l'ipécacuanha soit indiqué dans tous les cas de psorentérie, suivant qu'elle est simple ou compliquée d'un véritable état inflammatoire. Nous nous contentons de signaler les résultats que nous avons obtenus; plus tard, nous tâcherons d'en déduire des règles générales.

Observation 42e. — Luce Narcisse, âgée de 15 ans, tapissière, rue Saint-Paul, nº 13, douée d'un tempérament lymphatico-sanguin et d'une constitution assez forte, entra à l'hôpital le 22 août.

Malade depuis hier matin; a été prise de diarrhée sans fièvre, sans coliques. Quand nous la vîmes, elle nous présenta tous

les phénomènes de la psorentérie au deuxième degré; vomissements verdâtres; diarrhée blanche, floconneuse; étouffements; barre épigastrique; cyanose légère aux extrémités; pouls fréquent (130), facile à déprimer; chaleur conservée. (Ipécacuanha 20 grains en deux fois, 20 sangsues à l'anus, lim. citr., glace en morceaux, pot. gom., lavement amidonné et laudanisé, cataplasmes laud. sur le ventre.) Des vomissements copieux et amers ont suivi l'ipécacuanha; une amélioration notable en est résultée; les sangsues ont donné beaucoup de sang et ont diminué la douleur du ventre. Le mieux s'est soutenu; la respiration est devenue plus facile; les crampes ont cessé; la réaction franche s'est établie, et 15 sangsues ont suffi pour calmer la douleur qui continuait de se faire sentir au niveau de l'épigastre. Des boissons adoucissantes, des cataplasmes et les lavements émollients ont été prescrits, ainsi que l'eau glacée.

Le 25 août (4e jour), la diarrhée a cessé, mais l'épigastre est encore un peu endolori; la langue rouge et poisseuse; la face congestionnée; la peau chaude; le pouls fréquent, développé. (10 sangsues autour de l'ombilic, reste *ut suprà.*) Les 26, 27, 28, mêmes symptômes (même prescription, excepté les sangsues). Le 29, la congestion vers la face diminue; l'assoupissement se dissipe; la langue s'humecte et devient blanche; la fièvre se calme; les déjections alvines sont jaunes et normales. On accorde 2 soupes; on augmente la quantité des aliments, et, le 15 septembre, Luce sortit parfaitement guérie.

Observation 43e. — Génit, Scolastique, âgée de 16 ans, fille de cuisine, douée d'un tempérament bilioso-sanguin, d'une bonne constitution, fut admise à l'hôpital le 24 juin.

Arrivée à Paris depuis quatre jours, Génit eut à souffrir beaucoup et du froid et de l'humidité pendant son voyage. Le 22 juin, à peine remise de ses fatigues, elle fut prise de diarrhée; d'abord elle n'y fit point attention et continua de se livrer à ses travaux habituels. Le dévoiement persiste sans coliques, sans réaction fébrile; l'appétit devient nul, la bouche pâteuse, la soif intense. Le 24 juin, les phénomènes de la psorentérie se déclarent. On lui donne du thé et de la glace, sans aucun soulagement; on l'apporte ensuite à l'hôpital. Quand nous la vîmes :

Sa face était abattue, d'un jaune terne; ses yeux enfoncés; conjonctives peu injectées; pupilles normales; langue rosée à la pointe, blanche au milieu; bouche pâteuse; soif ardente; ventre non tendu, douloureux au-dessous de l'ombilic et à l'épigastre; vomissements, diarrhée très-abondants (selles blanchâtres, floconneuses); respiration difficile, costale; cependant l'expansion pulmonaire est nette, les parois thoraciques résonnent bien; les battements du cœur sont perceptibles à la main et à l'oreille; le pouls (110) petit, dépressible; le tronc cœliaque repousse la main avec force; la malade se plaint d'une anxiété très-vive; elle est souvent obligée de changer de position; les crampes se reproduisent avec beaucoup de violence à des intervalles très-courts et lui arrachent des cris; la voix cassée; les extrémités froides; la cyanose commence à envahir les membres; la peau con-

serve son élasticité. (Lim. citr., potion avec eau de tilleul ℥jj, sirop d'écorces d'oranges ℥ß, sirop d'éther ℥j, vin de Malaga ℥j, et acétate de morphine gr.jj ; deux quarts lavements amidonnés, cataplasmes sur le ventre, fragments de glace, 20 sangsues à l'épigastre.)

Le 25, plus mal; face altérée; envies continuelles, mais inutiles, de vomir; sentiment d'un poids qui l'étouffe dans la région de l'épigastre; diarrhée abondante; extrémités froides, violacées; pouls (126) petit, irrégulier. (Ipécacuanha 20 grains en 2 doses, lim. citr., potion anti-émétique de Rivière, pot. gom., cat., deux quarts lavements amidonnés.) L'ipécacuanha, suivi de vomissements nombreux, amena un soulagement notable; la respiration devint moins pénible; dès le soir même, le pouls s'était relevé et la réaction avait commencé.

Le 26, Génit accuse une grande faiblesse, et un besoin presque continuel de dormir; la diarrhée a beaucoup diminué; les vomissements sont suspendus; toutefois la face est un peu congestionnée, la langue rouge à la pointe, sèche au milieu, la soif ardente, le ventre un peu ballonné, l'épigastre endolori. (15 sangsues au-dessus de l'ombilic, limonade citrique; reste *ut suprà.*)

Le 27, mêmes phénomènes; en outre, les vomissements se sont reproduits; les matières rendues sont verdâtres, amères; la malade rejette toutes ses boissons; l'estomac ne peut en supporter aucune; le pouls marque 120; il est développé; la peau chaude, sèche. (Vésicatoire sur l'épigastre, glace en fragments, limonade citrique, potion anti-émétique de Rivière, eau de Seltz, deux quarts lavements avec décoction

de quinquina, six grains de camphre et deux citrons.) Le 28, les vomissements cessent, la langue est humide, l'assoupissement moins prononcé; cependant le pouls conserve de la fréquence; la peau, de la chaleur. On insiste sur les moyens adoucissants et sur la glace. Les 29, 30, même état; persistance du coma. (Vésicatoire à chaque jambe. Bouillon coupé.) Jusqu'au 6 juillet, de mieux en mieux. La réaction fébrile avait beaucoup diminué; tout annonçait une convalescence prochaine, lorsque Génit fut reprise de vomissements, de diarrhée, avec fréquence du pouls, chaleur âcre, ventre tendu, ballonné; langue rouge et granulée. (25 sangsues autour de l'ombilic, catapl. sur le ventre, lavement lin, boissons adoucissantes. Diète.)

Nous n'avons pu connaître la cause de cette recrudescence; il est probable que la malade a commis un écart de régime.

A dater de cette époque, sous l'influence des bains, des cataplasmes émollients, et de la diète, nous vîmes disparaître la diarrhée et les vomissements; le ventre devint souple, la langue s'humecta, la physionomie reprit son état normal, et, le 28 juillet, Génit sortit de l'hôpital, dans un état satisfaisant.

Réflexions. — Dans l'histoire qu'on vient de lire, on a vu que, malgré l'emploi des émissions sanguines, de la glace et des antispasmodiques, les accidents ne cédaient en aucune manière. Nous nous sommes hâtés de saisir les indications de l'ipécacuanha; ce moyen a produit les plus heureux effets, et il est probable que, sans l'emploi de ce médicament, la malade eût succombé. Car déja la suffocation était imminente; le

pouls était fréquent, petit, misérable; la cyanose commençait à envahir les membres : il était donc urgent d'entraver la marche de la maladie; il était urgent de débarrasser l'estomac et les poumons. C'est ce que nous avons fait, en administrant l'ipécacuanha. Immédiatement après, nous vîmes les symptômes s'amender. A dater de cette époque, les accidents ont peu à peu diminué. Quand nous eûmes écarté le danger de la suffocation, tout n'était point encore fini; nous vîmes la réaction acquérir une grande intensité; nous eûmes à combattre la gastro-entérite consécutive; et l'on a dû voir combien il a fallu de soins pour triompher de tous les accidents. Cette observation n'est pas moins remarquable, tant à cause de la marche des symptômes qu'à cause des effets rapides de l'ipécacuanha.

Observation 44e. — Leblanc, Marie, âgée de 25 ans, douée d'une bonne constitution, jouissait d'une santé florissante, lorsque, le 28 août, elle fut prise de diarrhée, sans réaction fébrile. Durant quatre jours, mêmes symptômes. Le cinquième jour, la diarrhée augmente et commence à revêtir quelques caractères de la psorentérie; les déjections, quoique jaunâtres, se chargent de flocons blancs. Le sixième jour, à la diarrhée se joignent des nausées et quelques crampes. Le septième jour, se développent tous les phénomènes de la psorentérie. Le huitième jour, entrée à l'hôpital, Leblanc nous offrit l'état suivant :

Face abattue, violacée; œil enfoncé dans l'orbite; pupilles normales; langue tiède, couverte d'un enduit blanchâtre; soif

ardente, inextinguible; vomissements de matières aqueuses, insipides; les boissons excitent les vomissements; épigastre douloureux avec et sans la pression; anxiété précordiale; le reste du ventre est indolent; borborygmes; diarrhée peu abondante; déjections séro-floconneuses; absence d'urine; respiration gênée (36); l'expansion pulmonaire s'entend partout; les battements du cœur sont sensibles à l'oreille et à la main; pouls fréquent (90), petit, dépressible; crampes dans tous les membres; voix cassée. (Lim. citr. glacée; pot. gom.; pot. anti-émét. de Rivière; cat. laud.; 3 quarts lav. amidonnés et laud.; sinap. membres; glace en fragments; 20 sangsues à l'épigastre.) Le soir, le dévoiement s'est arrêté, mais les vomissements se sont accrus, et causent à la malade une vive anxiété. (On insiste sur la glace et sur les sinapismes.) Le neuvième jour, vomissements abondants de matières vertes, amères et visqueuses; l'anxiété précordiale persiste malgré les vomissements; l'épigastre est d'une douleur excessive; il est plutôt froid que chaud; le ventre un peu tendu, mais indolent; respiration anxieuse; langue épaisse, couverte d'un enduit jaune verdâtre; soif inextinguible; spasmes continuels de l'estomac et des muscles qui président au vomissement; face grippée et exprimant l'anxiété de la malade; les yeux sont abattus, enfoncés; la peau froide, violacée; le pouls fréquent, petit, dépressible, misérable; la peau conserve un peu d'élasticité; les crampes agitent tous les membres, mais plus particulièrement les membres supérieurs. (24 grains d'ipécacuanha en deux doses; on insiste sur la glace, etc.) La malade rendit environ deux litres de matières vertes, bilieuses, après l'administration de la poudre vomitive; elle en

éprouva un soulagement marqué; elle sentit se dissiper cette anxiété précordiale qui la menaçait de suffocation, et la réaction ne tarda pas à s'établir. Le soir, le mieux n'était point équivoque. On prescrit une potion calmante et une potion anti-émétique de Rivière; on continue la glace.

Le dixième jour, la réaction se maintient; vomissements presque nuls; langue rouge et sèche; léger coma; épigastre indolent; chaleur douce; pouls (84) développé; respiration calme. (Glace en fragments, catap. ventre, diète.) Le soir, coma plus prononcé, pouls (92), peau chaude. (15 sangsues à l'épigastre, sinapismes, lavement de lin.) Le onzième jour, même état. Le douzième jour, moins de coma; la langue s'humecte; pouls 88; éructations fréquentes; rétention d'urine; le cathérétisme donne issue à un litre d'urine. (Lim. citr. glacée; quelques gouttes d'éther sur la glace pour prévenir le retour des vomissements.) Le treizième jour, les vomissements bilieux reparaissent et persistent jusqu'au quinzième jour; un hoquet pénible succéda aux vomissements; l'épigastre resta douloureux à la moindre pression; la langue était sèche; les dents fuligineuses; la face abattue; les forces prostrées, et l'assoupissement presque continuel. Cet état s'est prolongé jusqu'au vingt-troisième jour, malgré la glace et l'abstinence de boissons, malgré les lavements émollients, les cataplasmes et les sinapismes.

Enfin le hoquet cesse. On accorde du bouillon coupé; on augmente peu à peu les aliments, et la malade sortit, guérie, le quarantième jour.

Réflexions. — L'histoire de cette malade offre la plus grande analogie avec celle qui précède. On a vu que l'anxiété épigas-

trique dépendait de l'estomac; on a vu que, malgré les vomissements abondants de matières verdâtres, bilieuses, la réaction était incomplète; la respiration était difficile; le pouls petit, faible; la peau froide; des sangsues appliquées au niveau de l'estomac n'avaient amené aucun soulagement. Nous ne devions pas insister sur les émissions sanguines. L'ipécacuanha nous sembla parfaitement indiqué: nous en avons donné 24 grains. Cette dose a suffi pour dissiper les accidents et rappeler la chaleur vers la périphérie. Comme dans l'histoire précédente, nous eûmes à combattre l'inflammation consécutive de l'estomac; mais cette lésion est loin d'offrir le même danger que les accidents contre lesquels nous avons dirigé l'ipécacuanha.

Observation 45e. — Un maçon, âgé de 23 ans, doué d'une bonne constitution, entra à l'hôpital le 20 août.

Depuis trois mois, ce jeune homme travaillait à Montereau en sa qualité de maçon, et il y jouissait d'une excellente santé. Le 19 août, il commence à ressentir un malaise général et un dégoût pour les aliments; cependant il se met en route pour Paris; son malaise va croissant; à trois heures du matin, la diarrhée apparaît; les vomissements et les crampes ne tardent pas à se manifester. A peine arrivé à Paris, on le transporte à l'hôpital. Nous le trouvâmes dans l'état suivant :

Face abattue, tiède, violacée; œil enfoncé dans l'orbite; céphalée sus-orbitaire; langue humide, couverte d'un enduit

jaunâtre; soif très-intense; douleur à l'épigastre; nausées; vomissements de matières incolores et légèrement amères; diarrhée abondante; matières blanches, analogues à de l'eau de riz; ventre non tendu, mat; borborygmes; absence d'urines; crampes; respiration anxieuse; sentiment d'un poids qui l'étouffe au niveau du diaphragme; battements du cœur perceptibles à l'oreille et à la main; pouls fréquent (105), dépressible; les extrémités commencent à devenir violacées: elles sont froides; l'élasticité de la peau est intacte jusqu'ici. L'interne de garde appelé fit la prescription suivante : (20 sangsues à l'épigastre; lim. citr. glacée; fragments de glace; pot. gom.; eau de Seltz; quart de lavement amidonné et laudanisé, avec addition de ℥jj d'extrait de ratanhia pour chaque quart; cataplasmes sur le ventre; frictions; sinapismes.)

Le lendemain, 21 août, même état; vomissements et diarrhée persistent, ainsi que la dyspnée; le malade a besoin d'air; la cyanose est imminente. Dans le but de diminuer cette dyspnée, nous prescrivons 25 grains d'ipécacuanha en deux fois, lim. citr., glace, pot. gom., frictions, cataplasmes, quart de lavement amidonné et laudanisé. L'ipécacuanha détermine des vomissements qui apportent un soulagement presque instantané; à dater de cette époque, la dyspnée se calme; ce poids qui l'étouffait cesse de se faire sentir; les vomissements et la diarrhée diminuent peu à peu; la chaleur reparaît aux extrémités; les crampes perdent de leur intensité.

Le 22, la diarrhée et les vomissements sont arrêtés; les urines sont rétablies; l'épigastre est endolori, chaud; la langue rouge à la pointe; la face congestionnée; le besoin de

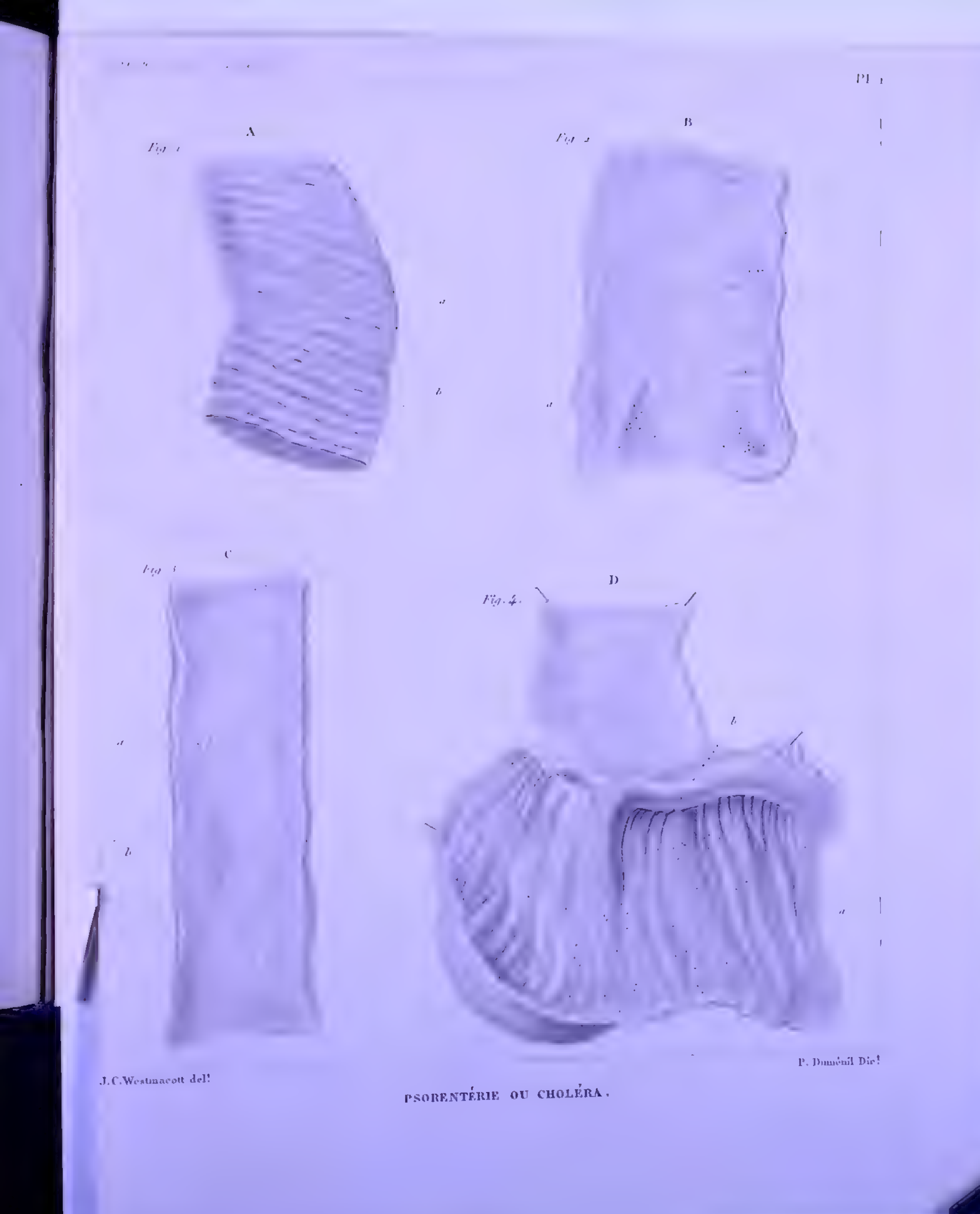
dormir presque continuel : cependant le malade répond bien aux questions qu'on lui fait ; sa peau est chaude ; son pouls fréquent, relevé (88) ; les crampes nulles. (30 sangsues autour de l'ombilic, lim. citr. glacée, eau de Seltz, pot. gom., cataplasmes, quart de lavement émollient.) De mieux en mieux ; la face reprend son expression normale ; l'assoupissement s'évanouit ; le ventre devient indolent, souple ; le pouls reprend son type accoutumé ; l'appétit augmente. On lui accorde du bouillon, puis le quart, et, le 28 août, le malade sort guéri.

(FIN DU PREMIER MÉMOIRE.)



FIN DU TOME QUATORZIÈME.


A
Fig. 1.
C. Westmacott del^t



PSORENTÉRIE OU CHOLÉRA.

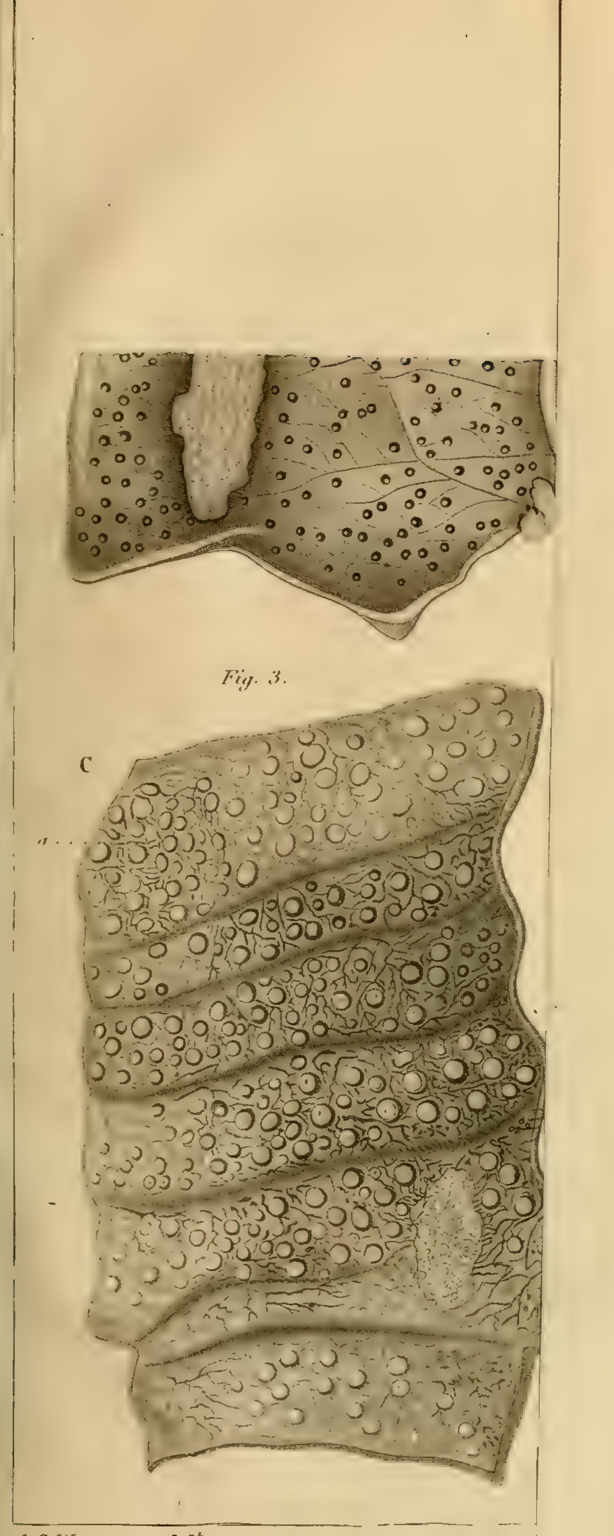
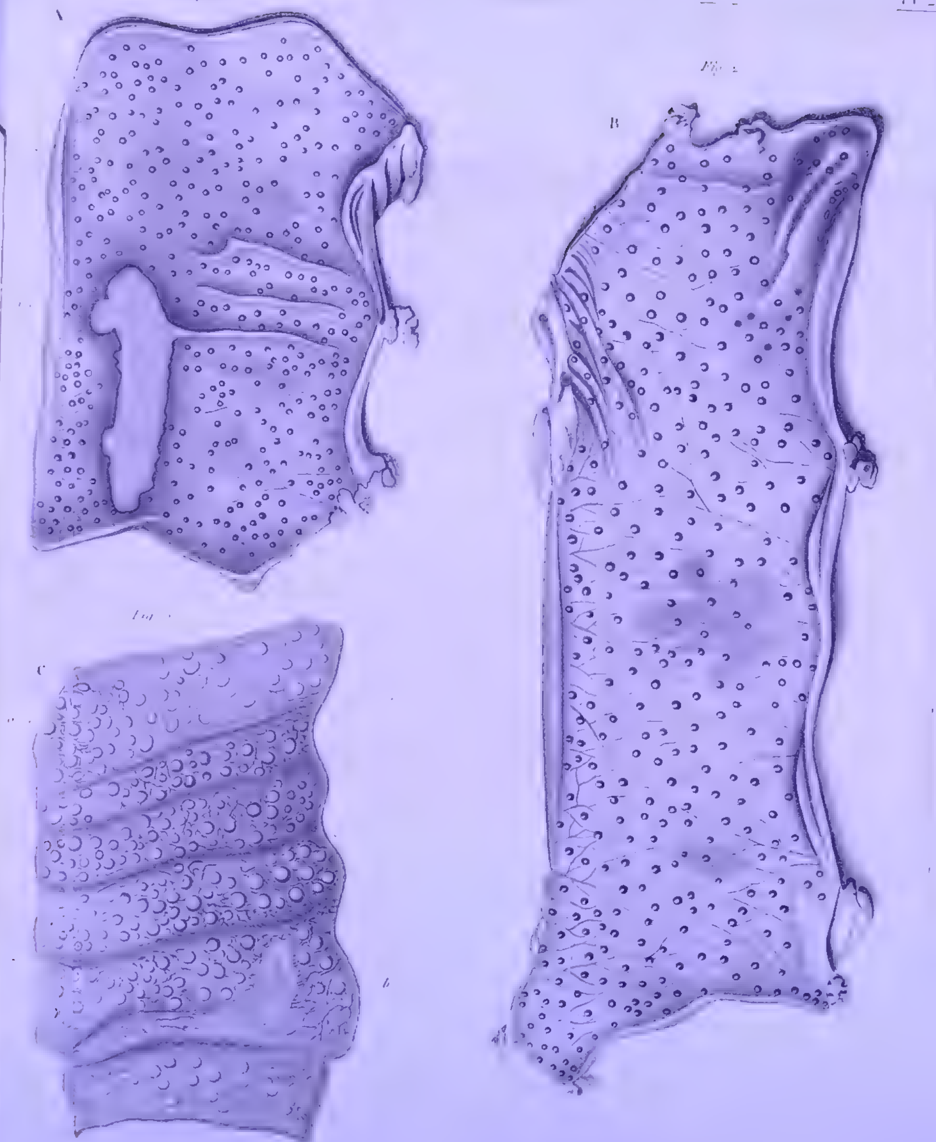


Fig. 3.



C. C. Westmacott del.t P. Duménil Dir.t

PSORENTÉRIE OU CHOLÉRA.